

Carlos Eduardo Cardoso

**CARACTERIZAÇÃO LIMNOLÓGICA DO LAGO DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, NO
CAMPUS FLORIANÓPOLIS, BRASIL**

Trabalho apresentado para o
cumprimento da disciplina de Trabalho
de Conclusão de Curso II (BIO 7016)
para a obtenção do título de
Bacharelado em Ciências Biológicas
pela Universidade Federal de Santa
Catarina.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo
Rubi Rörig.

Florianópolis
2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Cardoso, Carlos Eduardo

Caracterização Limnológica do Lago da
Universidade Federal de Santa Catarina, no
Campus Florianópolis, Brasil / Carlos
Eduardo Cardoso ; orientador, Leonardo Rubi
Rörig, 2018.

70 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação)
- Universidade Federal de Santa Catarina,
Centro de Ciências Biológicas, Graduação em
Ciências Biológicas, Florianópolis, 2018.

Inclui referências.

1. Ciências Biológicas. 2. UFSC. 3.
Limnologia. 4. Eutrofização. 5.
Fitoplâncton. I. Rörig, Leonardo Rubi
. II. Universidade Federal de Santa
Catarina. Graduação em Ciências Biológicas.
III. Título.

Carlos Eduardo Cardoso

**CARACTERIZAÇÃO LIMNOLÓGICA DO LAGO DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, NO
CAMPUS FLORIANÓPOLIS, BRASIL**

Este (a) Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Bacharel em Ciências Biológicas”, e aprovado em sua forma final pelo Curso de Ciências Biológicas.

Florianópolis, 27 de Novembro de 2018.

Prof. Carlos Roberto Zanetti, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Leonardo Rubi Rörig, Dr.
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. José Bonomi Barufi
Universidade Federal de Santa Catarina

MSc. Rafaela Gordo Correa
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Rubens Tadeu Delgado Duarte, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Dedicado à minha família.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, especialmente à minha mãe e ao meu pai, Katia Aparecida de Andrade e Luiz Carlos Cardoso, pelo carinho e suporte na minha formação escolar, cidadã e acadêmica. Agradeço à minha irmã Army Mayr, por ser sempre uma inspiração de dedicação e de superação de vida.

Agradeço muito ao Leonardo Rubi Rörig, meu orientador deste trabalho, pela sua demonstração de carinho e de conhecimento, comigo e com seus alunos e orientandos. Obrigado por tudo, pela ajuda, pelos conselhos, por oferecer seu tempo a mim quando necessário.

Agradeço também ao professor Rubens Tadeu Delgado Duarte, suplente da minha banca. É um prazer ter sido o seu aluno, e por você estar presente em minha banca de avaliação, aliás sua primeira banca de TCC de um aluno seu de graduação na UFSC. Obrigado pelo exemplo como professor.

A todas e todos colegas e professores do LAFIC, meu muito obrigado, por me oferecer a mim um ótimo convívio e ambiente de trabalho. Junto com meus avaliadores, José Bonomi Barufi e Rafaela Gordo Correa, agradeço por todo o apoio na resolução de problemas, pelos aprendizados, pela companhia e bons momentos juntos. Uma outra pessoa que não deixaria de dar destaque nos meus agradecimentos é a Ana Gabriela Itokazu Canzian da Silva, pessoa exemplar e amiga, que acolheu a mim e muitas outras no laboratório, e que fez deste um ambiente cada vez melhor em todos os sentidos.

Agradeço a todos os colegas de graduação, especialmente aos meus colegas que ingressaram comigo na turma 2013.1. Agradeço, nem que seja por um pequeno instante, pelos bons (e maus) momentos e pelas amizades. Saibam que minha gratidão e respeito eu terei por todos vocês sempre. Sucesso a todos.

Agradeço aos professores e servidores do CCB com quem acompanhei nesse período de graduação. Foram grandes inspirações que me fizeram gostar ainda mais de aprender sobre Ciências Biológicas, Ciências da Natureza e de Tecnologia.

Agradeço ao Laboratório de Ficologia (LAFIC), ao Laboratório de Hidrogeoquímica (NEMAR) e ao Laboratório de Hidrologia (ECV) pelo apoio na realização deste trabalho.

“Em algum lugar, alguma coisa incrível está
esperando para ser conhecida”
Carl Sagan

RESUMO

Monitorar e compreender características limnológicas de lagos e reservatórios são importantes para embasar ações de conservação e restauração ambiental desses ecossistemas, com propósito de manter e promover a saúde ambiental e, da sociedade. O Lago da UFSC, situado no centro da Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Florianópolis, SC, Brasil integra a Bacia do Rio do Meio, que compõem a Bacia do Itacorubi, região altamente urbanizada e, assim como os demais corpos hídricos próximos e em torno da UFSC, se encontrava com riscos de má qualidade ambiental e eutrofização. Com propósito de estimular futuras pesquisas ambientais dos corpos hídricos locais, o objetivo deste estudo foi realizar uma caracterização limnológica do Lago da UFSC, para se fazer compreender sobre as interações de características físico-químicas e biológicas, a fim de se ter noção do estado trófico atual, e vislumbrar a necessidade de ações de restauração da qualidade da água. Foi executado um monitoramento ambiental entre os dias 05/04/2018 e 21/06/2018, totalizando vinte visitas, para coleta de dados em dois pontos amostrais (pontos 1 e 2). Dados físico-químicos foram coletados *in situ* (temperatura do ar, da água superficial e do fundo, e oxigênio dissolvido), junto com dados *ex situ* (pH, condutividade, turbidez, clorofila e ficocianina *in vivo*, demanda bioquímica de oxigênio, clorofila-a extraída, ortofosfato, coliformes totais e fecais), com seus dados comparados e correlacionados entre os pontos e a meteorologia local. Gêneros fitoplancctônicos foram identificados para localizar indicadores ambientais. Índices de estado trófico (IETs) foram calculados e seus resultados classificados, utilizando valores obtidos de transparência e concentração de clorofila-a extraída do lago. Aspectos visuais, junto com análises dos dados físico-químicos, indicaram fortes evidências de degradação da água nos dois pontos. O lago, com baixa profundidade, exibiu baixos valores de transparência e fácil entrada de detritos poluidores. Baixos valores de OD na água indicaram sinais de dificuldades de transferência vertical de oxigênio. Números altos de turbidez e baixos de DBO₅, aliados às concentrações de ortofosfato, demonstraram alta carga orgânica e inorgânica, que seguiu proporcionalmente os valores de pigmentos, mostrando uma relação de alta degradação com intensa produção de biomassa microbológica. Os níveis de coliformes totais e fecais, possivelmente estimulado por detritos e dejetos de animais, apresentaram números considerados, mas com chances baixas de não haver despejo direto de efluentes. A comunidade

fitoplânctonica observada indicou maior diversidade de Chlorophyceae, grande presença de Euglenophyceae e presença considerável de Cyanobacteria, constituição sem grandes mudanças durante o monitoramento, que pela sua própria constituição indicou um ambiente com eutrofização intensa, alto acúmulo de matéria orgânica, e possível toxicidade. Os cálculos de IET utilizados atestaram para uma classificação trófica entre Supereutrófico e Hipereutrófico. Pelas condições observadas, foi recomendado neste trabalho a busca e instalação de tecnologias de remoção de possível excesso de detritos e nutrientes por sistemas de sucção e de *algae turf scrubber* (ATS) para o restabelecimento do equilíbrio trófico e melhores finalidades da água. Monitoramentos futuros mais aprofundados e em diferentes períodos no Lago da UFSC foram considerados para uma caracterização mais completa do lago.

Palavras-chave: Limnologia; Eutrofização; Fitoplâncton.

ABSTRACT

Monitoring and understanding limnological characteristics of lakes and reservoirs are important to support conservation actions and environmental restoration of these ecosystems, with the purpose of maintaining and promoting environmental and social health. The UFSC Lake, located in the center of the Federal University of Santa Catarina, Campus Florianópolis, SC, Brazil, is part of the Meio River Basin, which compose the Itacorubi Basin, a highly urbanized region and, as well as other nearby water bodies around UFSC, found itself with risks of poor environmental quality and eutrophication. In order to stimulate future environmental research of the local water bodies, the objective of this study was to perform a limnological characterization of the Lake of the UFSC, in order to understand the interactions of physical-chemical and biological characteristics, in order to have a notion of the trophic state current, and to envisage the need for actions to restore water quality. Environmental monitoring was performed between 04/05/2018 and 06/21/2018, totaling twenty visits, for data collection at two sampling points (points 1 and 2). Physical and chemical data were collected *in situ* (temperature of air, surface and bottom water, and dissolved oxygen), together with *ex situ* data (pH, conductivity, turbidity, chlorophyll and phycocyanin *in vivo*, biochemical oxygen demand, chlorophyll- the extracted, orthophosphate, total and fecal coliforms), with their data compared and correlated between the points and the local meteorology. Phytoplanktonic genera were identified to locate environmental indicators. Trophic state indexes (EITs) were calculated and their results sorted, using values obtained from transparency and concentration of chlorophyll-a extracted from the lake. Visual aspects, along with physical-chemical data analyzes, indicated strong evidence of water degradation at both points. The lake, with low depth, exhibited low values of transparency and easy entry of polluting debris. Low dissolved oxygen values in water, indicating signs of vertical oxygen transfer difficulties. High numbers of turbidity and low biochemical oxygen demand, combined with orthophosphate concentrations, showed high organic and inorganic load, which proportionally followed pigment values, showing a high degradation ratio with intense microbiological biomass production. The levels of total and fecal coliforms, possibly stimulated by debris and animal waste, presented numbers considered, but with low chances of no direct effluent disposal. The observed phytoplankton community indicated a greater diversity of Chlorophyceae, a large presence of

Euglenophyceae and a considerable presence of Cyanobacteria, a constitution without major changes during the monitoring, that by its own constitution indicated an environment with intense eutrophication, high accumulation of organic matter, and possible toxicity. The EIT calculations used proved a trophic classification between Hypereutrophic and Supereutrophic. Based on the observed conditions, it was recommended in this work the search and installation of technologies for the removal of excess debris and nutrients by suction and turf scrubber (ATS) systems for the restoration of trophic balance and better water purposes. More in-depth future monitoring and in different periods in the Lake of the UFSC were considered for a more complete characterization of the lake.

Keywords: Limnology; Eutrophication; Phytoplankton.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa do Campus Florianópolis da UFSC, SC, Brasil. O círculo em vermelho indica a localização do lago estudado.	30
Figura 2. Fotografia espacial do lago estudado, onde o círculo azul indica o ponto 1, e o círculo vermelho o ponto 2.	31
Figura 3. Fotografia do Lago da UFSC, mostrando no lado esquerdo uma parte do píer, local do ponto 1, e a diante a escultura artística, local do ponto 2.	31
Figura 4. Comparação de valores de temperaturas atmosféricas mínimas, máximas e médias, registradas pela Estação Meteorológica da UFSC, entre os dias 26/03/2018 e 21/06/2018.	38
Figura 5. Valores de somatória de pluviosidade de três dias, registrados pela Estação Meteorológica da UFSC, entre os dias 26/03/2018 e 02/06/2018.	38
Figura 6. Valores de somatória de radiação global de três dias, registrados pela Estação Meteorológica da UFSC, entre os dias 26/03/2018 e 02/06/2018.	39
Figura 7a. Comparação entre valores de temperaturas do ar, na superfície e no fundo do lago no ponto 1.	40
Figura 7b. Comparação entre valores de temperaturas do ar, na superfície e no fundo do lago no ponto 2.	40
Figura 8a. Valores de pH <i>ex situ</i> do ponto 1 do lago da UFSC.	41
Figura 8b. Valores de pH <i>ex situ</i> do ponto 2 do Lago da UFSC.	41
Figura 9a. Valores de condutividade <i>ex situ</i> do ponto 1 no monitoramento do Lago da UFSC.	42
Figura 9b. Valores de condutividade <i>ex situ</i> do ponto 2 no monitoramento do Lago da UFSC.	42
Figura 10a. Valores de transparência da água (profundidade de disco de Secchi) e fluorescência de turbidez do ponto 1.	43
Figura 10b. Valores de transparência da água (profundidade de disco de Secchi) e fluorescência de turbidez do ponto 2.	43
Figura 11a. Comparação de valores de concentrações de oxigênio na superfície e no fundo no ponto 1.	44
Figura 11b. Comparação de valores de concentração de oxigênio dissolvido na superfície e fundo no ponto 2.	44
Figura 12a. Valores de concentrações de ortofosfato inorgânico (PO_4^{3-}) do ponto 1.	45
Figura 12b. Valores de concentração de ortofosfato inorgânico (PO_4^{3-}) do ponto 2.	45

Figura 13a. Comparação entre valores de concentração de clorofila-a extraída e DBO ₅ do ponto 1.	48
Figura 13b. Comparação de valores de concentração de clorofila-a extraída e DBO ₅ do ponto 2.	49
Figura 14a. Comparação de valores de fluorescência de clorofila-a <i>in vivo</i> e ficocianina <i>in vivo</i> do ponto 1.	50
Figura 14b. Comparação entre valores de fluorescências de clorofila-a <i>in vivo</i> e ficocianina <i>in vivo</i> do ponto 2.....	50
Figura 15a. Comparação entre valores de unidades de coliformes totais e coliformes fecais (<i>E. coli</i>) do ponto 1.	51
Figura 15b. Comparação de valores de unidades de coliformes totais e fecais (<i>E. coli</i>) do ponto 2.	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Cronograma de visitas <i>in situ</i> do monitoramento do lago estudado. Em asterisco, estão indicados os dias em que foram realizados experimentos de DBO ₃ e coliformes, e preparo de armazenamento de amostras para análises de clorofila-a extraída e nutrientes inorgânicos dissolvidos.	34
Tabela 2. Classificação de Estado Trófico para reservatórios segundo Índice de Carlson Modificado.	36
Tabela 3. Matriz de correlação (ρ de Pearson) de variáveis físico-químicas e meteorológicas dos pontos 1 e 2 do Lago da UFSC. Em negrito estão os resultados mais significativos. Os valores com asterisco são os valores discutidos neste trabalho.	55
Tabela 4. Táxons fitoplanctônicos identificados nos pontos 1 e 2 do Lago da UFSC.	57
Tabela 5. Médias dos índices de estado trófico dos pontos ponto 1 e ponto 2, do Lago da UFSC.	58

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ATS - *algae turf scrubber*

DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio

IET - Índice de Estado Trófico

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina

OD - Oxigênio dissolvido

UFC - Unidades formadoras de colônia

RFU - *Relative Fluorescence Units* (Unidades de Fluorescência Relativa)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	23
1.1	VISÃO GERAL DA LIMNOLOGIA	23
1.2	EUTROFIZAÇÃO, DEGRADAÇÃO E MONITORAMENTO DE ECOSISTEMAS AQUÁTICOS	23
1.3	ALGAS, BIOINDICAÇÃO E ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO.....	24
1.4	IMPORTÂNCIA DO MONITORAMENTO DOS CORPOS HÍDRICOS NA UFSC	25
2	OBJETIVOS	27
2.1	OBJETIVO GERAL.....	27
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	27
3.	MATERIAIS E MÉTODOS	28
3.1	LOCAL DE ESTUDO.....	29
3.2	ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS, BIOQUÍMICAS E DE COLIFORMES	32
3.3	ANÁLISES QUALITATIVAS DE FITOPLÂNCTON	34
3.4	CÁLCULO DE ÍNDICES DE ESTADO TRÓFICO	35
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
4.1	CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA DO LAGO.....	37
4.2	ANÁLISE DOS DADOS FÍSICO-QUÍMICOS.....	37
4.2.1	Dados da Estação Meteorológica da UFSC.....	37
4.2.2	Dados físico-químicos dos pontos amostrais	39
4.5	DISCUSSÃO DOS DADOS BIOQUÍMICOS E DE COLIFORMES	Erro! Indicador não definido.
4.6	CORRELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS FÍSICO-QUÍMICAS E BIOQUÍMICAS	53
4.7	DADOS DE FITOPLANCTON	56
4.8	ÍNDICES DE ESTADO TRÓFICO	58
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	63
	REFERÊNCIAS.....	65

1 INTRODUÇÃO

1.1 VISÃO GERAL DA LIMNOLOGIA

No campo da Limnologia, onde são estudados ecossistemas lóticos (rios e córregos) e lênticos (lagos e reservatórios), podemos compreender as inter-relações estruturais e funcionais de águas continentais, bem como estas são afetadas pela dinâmica entre seus componentes físicos, químicos e bióticos. Eventos físicos, químicos, e biológicos, dentro dos limites climatológicos locais, refletem a geomorfologia e o metabolismo dos lagos e rios. Tais padrões governam e influenciam a distribuição de gases dissolvidos, nutrientes e organismos, aliados a forma como foram modificados durante seus históricos anteriores. Grande parte do conhecimento de Limnologia se originou de corpos hídricos surgidos por eventos geológicos naturais (WETZEL, 2001; O'SULLIVAN; REYNOLDS, 2004). No entanto, também tem sido bastante pesquisado no que se refere a corpos hídricos artificiais criados por atividades humanas, dos quais vêm sendo utilizados para diversos propósitos de gestão hídrica, tendo como exemplos o armazenamento de água, aquicultura, controle de enchentes, geração de energia elétrica e recreação (CUNHA; CALIJURI; LAMPARELLI, 2013).

1.2 EUTROFIZAÇÃO, DEGRADAÇÃO E MONITORAMENTO DE ECOSISTEMAS AQUÁTICOS

Eutrofização é um processo natural que conduz ao crescimento de produtividade biológica e decréscimo do volume do corpo de água, através da adição excessiva de matéria orgânica e inorgânica, dissolvida e particulada, em lagos e reservatórios. É um processo que pode ser encontrado na natureza a longo prazo, porém vem sendo intensificado por atividades humanas, como liberação de efluentes ou por práticas agropecuárias, sendo uma das principais formas de degradação de águas de superfície que ocorrem atualmente. Desde os estudos iniciais sobre eutrofização vem sendo dada grande ênfase para a relação entre as concentrações de nutrientes (principalmente por derivados de fósforo e nitrogênio), junto com a dinâmica biológica, isto é, com o crescimento de produtores primários. Dentre seus sintomas negativos possíveis, tanto para a saúde humana e para o ecossistema em torno, estão o déficit exagerado de oxigênio abaixo da camada superficial, impedindo a sobrevivência de uma comunidade metazóica e macrofítica de

profundidades, a diminuição da transparência da água (devido ao aumento de coloração e turvação), a presença de odor fétido devido à decomposição de algas e da produção de metano, a morte de peixes presentes no local por rarefação do oxigênio e a mudança significativa de pH. O processo de eutrofização reduz a qualidade de água potável e pode propiciar o crescimento de bactérias e vírus, alguns dos quais podem ser patogênicos (SCHÄFER, 1985; WETZEL, 2001). Para um gerenciamento efetivo quanto a eutrofização de lagos, é importante saber se o processo de enriquecimento de nutrientes é devido a causas naturais ou influências humanas, bem como saber se as concentrações sempre foram elevadas, ou se foram enriquecidas em um dado momento no tempo (BENNION et al., 1996).

A poluição originada por substâncias naturais, degradáveis, que alimentam os níveis tróficos primários, com o excesso de nutrientes, promove um desequilíbrio dentro da composição das comunidades e do ambiente. Ecossistemas aquáticos vem sendo alterados por várias formas, sob o risco de diminuir a efetividade de utilizar tais ecossistemas para atividades humanas. A forma mais comum de degradação é a contaminação por poluentes químicos, orgânicos e inorgânicos. Lagos e reservatórios são mais suscetíveis a servirem como depósitos para poluentes do que os rios, o que significa que poluentes tendem com o tempo a se acumularem e aumentarem sua toxicidade (WETZEL, 2001). Quando a ação antropogênica excede a capacidade de autodepuração de rios e lagos, estes não são capazes de operar de forma sustentável. Portanto, nesta situação fazem-se necessárias ações de manejo para o reestabelecimento do equilíbrio destes ambientes. A rápida deterioração desses ecossistemas tem intensificado a necessidade de monitoramentos ambientais, e a gestão ambiental tem como um de seus fins a busca por um ambiente saudável e sustentável (CONSTANZA; MAGEAU, 1999).

1.3 ALGAS, BIOINDICAÇÃO E ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO

As microalgas abrangem um diverso grupo de seres microscópicos, dentro do grupo polifilético das algas, detentores de clorofila *a* como pigmento fotossintetizante essencial. Elas estão presentes em diversos ambientes, com maior ocorrência em ambientes aquáticos. Junto com as macroalgas, elas contribuem para cerca de metade da fotossíntese global e para a produção primária na cadeia alimentar (ANDERSEN, 1992). Descrever a composição das comunidades

microbiológicas presentes em determinado ambiente, seja pelas microalgas ou por organismos autotróficos como bactérias, aliado aos aspectos físico-químicos, podemos conhecer a qualidade hídrica e indicar se os corpos hídricos possuem algum processo de degradação (PULLIDO, 2005). Pelo fato de poder contribuir para problemas como eutrofização e acúmulos de toxicidade, tecnologias devem ser consideradas para controlar o crescimento desenfreado do fitoplâncton. Baseado no conceito de Engenharia Ecológica, com objetivo de criar projetos de ecossistemas sustentáveis e integradores, há a alternativa sobre a biotecnologia de algas, por sistema de tapetes algais biofiltrantes, ou *algae turf scrubber* (ATS), capaz de ofertar alternativas baratas e ecológicas para restaurar a qualidade ambiental de corpos hídricos, com a vantagem de que a biomassa excedente produzida pode-se ter valor agregado, útil para diferentes propósitos (BOROWITZKA, 1991; MULBRY et al., 2008; MITSCH, 2012).

Baseado nas atividades biológicas sustentadas, os corpos hídricos são classificados pelo Índice de Estado Trófico (IET), indicador ambiental medido de acordo com as concentrações de nutrientes dissolvidos e a biomassa dos produtores primários, além das condições físicas e geográficas, cujos aspectos são utilizados para estabelecer as condições destes ecossistemas. De acordo com o índice, classifica-se o corpo hídrico desde oligotrófico, com baixa atividade primária, passando por mesotrófico, até hipereutrófico, com uma altíssima atividade. (STRAŠKRABA e TUNDISI, 2000; MOLISANI et al., 2010; LAMPARELLI, 2004; CETESB, 2007).

Dentre paisagens, como lagos, açudes e reservatórios, destinados a finalidades de lazer, recreação e embelezamento paisagístico, destaca-se no Brasil a Lagoa da Pampulha, em Belo Horizonte, MG (RIBEIRO, 2013). A degradação e a consequente alteração acelerada do estado trófico desta lagoa vem sendo alvo de estudos visto a influências antrópicas e pelo avanço do processo de expansão urbana sem planejamento (RESCK; NETO; COELHO, 2007).

1.4 IMPORTÂNCIA DO MONITORAMENTO DOS CORPOS HÍDRICOS NA UFSC

Na Universidade Federal de Santa Catarina, no Campus Florianópolis, SC, Brasil, existe um lago situado em sua porção central, denominado como Lago da UFSC, com propósitos de uso para fins paisagísticos. Segundo a resolução CONAMA 375/2005, dentre os

corpos hídricos de água doce, tal lago se enquadraria na classificação de Classe 4, destinados a uso de navegação e harmonia paisagística, grupo que requer poucas exigências de qualidade, o que pode levar a renúncia de seu valor a usos mais nobres (YASSUDA, 1993). Localizado na região da Bacia do Itacorubi o campus se situa em um ambiente altamente urbanizado de modo que este lago, assim como todos os corpos hídricos presentes ou que atravessam a universidade são suscetíveis às alterações ambientais, poluição antrópica e à eutrofização. Monitorar os aspectos físico-químico-biológicos e atestar o estado trófico deste lago é importante para que se saiba se suas águas podem oferecer risco à saúde da comunidade local e a fauna nativa local. Além disso, procurar por organismos fitoplancctônicos com capacidade bioindicadora pode ser um passo importante para a avaliação e uma futura restauração deste corpo de água. (TAVARES, 1980; UFSC 2018)

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Caracterizar ambientalmente um lago na Universidade Federal de Santa Catarina, no Campus Florianópolis, Santa Catarina, Brasil, por meio de análises limnológicas, com a finalidade de adquirir conhecimento sobre seu estado trófico nesse período.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar e correlacionar variáveis físico-químicas, bioquímicas e coliformes em dois pontos amostrais no lago estudado;

Analisar qualitativamente a comunidade fitoplanctônica presente no lago;

Avaliar o estado trófico do lago de acordo com as variáveis físico-químicas analisadas do lago.

Avaliar a necessidade de medidas de restauração da qualidade da água do lago.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 LOCAL DE ESTUDO

O lago estudado situa-se nas dependências da Universidade Federal de Santa Catarina, no Campus do município de Florianópolis, SC, Brasil, entre os prédios do Centro de Cultura e Eventos e do Centro de Convivência da universidade (Figuras 1 e 2). O Campus está situado na Bacia do Rio do Meio, integrante da Bacia do Itacorubi, na região centro-norte da Ilha de Santa Catarina. A área do campus foi descrita por receber lançamentos poluidores, vindos de áreas externas e internas, que desaguam junto com a carga hídrica da região dos arredores (PEREIMA et al., 2017).

Foi registrado que o lago possuía uma área de 77 m², e profundidade média de 1,5 metros. Possui uma realimentação por meio de afloramento de lençol freático, o que permite que suas águas permaneçam em um nível constante mesmo em períodos de climas extremos (TAVARES, 1980). Pelo seu histórico foi registrado que o lago já sofreu drenagens, para manejo de peixes e execução de obras. Em 2009 foi executada uma construção de contenção, mais uma instalação de *deck* em suas margens, onde foi necessária a remoção total da água do lago [a]. Com a conclusão desta obra, é possível que suas dimensões originais possam ter sido modificadas, assim como sua constituição biológica.

Neste trabalho foi realizado um monitoramento ambiental do lago em estudo, onde foram considerados dois pontos amostrais para coleta de amostras de água e análise de características *in situ* e *ex situ*. O primeiro ponto amostral - chamado ponto 1 - foi localizado na margem onde se situa o píer do lago, próximo ao prédio do Centro de Convivência, enquanto que o segundo ponto - chamado ponto 2 - se situou sob a escultura artística “Boitatá Incandescente”, ao lado do prédio do Centro de Cultura e Eventos (Figuras 1 e 2).

Figura 1. Mapa do Campus Florianópolis da UFSC, SC, Brasil. O círculo em vermelho indica a localização do lago estudado.



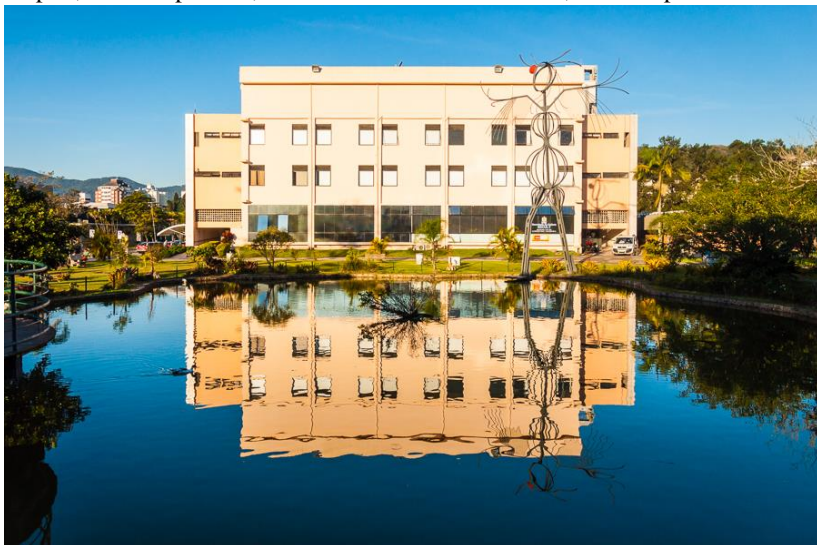
Disponível em: <http://estrutura.ufsc.br/mapa>. Acesso em 30 out. 2018.

Figura 2. Fotografia espacial do lago estudado, onde o círculo azul indica o ponto 1, e o círculo vermelho o ponto 2.



Disponível em: <https://maps.google.com.br/maps?hl=pt-BR>. Acesso em: 30 out. 2018.

Figura 3. Fotografia do Lago da UFSC, mostrando no lado esquerdo uma parte do píer, local do ponto 1, e a diante a escultura artística, local do ponto 2.



Disponível em: <http://secarte.ufsc.br/musica-no-lago/>. Acesso em: 22 nov. 2018.

3.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS, BIOQUÍMICAS E DE COLIFORMES

No monitoramento do Lago da UFSC, foram realizadas coletas de dados sobre características físico-químicas, bioquímicas e biológicas nos dois pontos amostrais estipulados, entre os meses de março e junho de 2018, com um total de vinte visitas, de uma a duas visitas por semana, com vinte no total. As visitas deram início no dia 05/04 e término no dia 21/06, todas elas ocorrendo no período matutino, entre 08:00 e 12:00 (Tabela 1).

Dados meteorológicos foram coletados através do histórico fornecido pela Estação Meteorológica da UFSC, do Laboratório de Hidrologia (Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Centro Tecnológico). Foram considerados os dados registrados de temperatura, pluviosidade e radiação global, a partir de dez dias antes do início do período do monitoramento, ao longo de todo o período amostral [b].

Foram coletados dados *in situ* de temperatura do ar e da água, superficial e no fundo do lago, porcentagem e concentração de oxigênio dissolvido, (superficial e fundo do lago), por meio de termômetro de mercúrio e oxímetro de campo (modelo Instrutherm MO-900). A transparência da água no lago foi medida através de profundidade de disco de Secchi.

Frascos plásticos de 1,5L foram utilizados para transferência de amostras, separadas de cada ponto amostral, para coletas de dados *ex situ*. Dados de clorofila-a *in vivo* e ficocianina *in vivo* (fluorímetro manual, modelo Turner AquaFluor), condutividade (condutivímetro manual, modelo Lutron CD-4303), turbidez (Fluorímetro, modelo Turner Trilogy), e pH (pHmetro, modelo Thermo Scientific Orion Star A211) foram coletados logo após as análises *in situ*.

Para estabelecer a demanda bioquímica dos pontos amostrais, foi analisado a demanda bioquímica de oxigênio de (DBO₅) de ambos os pontos, segundo Valente, Padilha e Silva (1997) e concentração e porcentagem de oxigênio coletados via oxímetro (modelo YSI 5000). Para estabelecer o grau de contaminação fecal, foram contadas unidades formadoras de colônia (UFC/100 ml) de coliformes totais e fecais (*E. coli*), através de imersão em amostra e incubação em estufa, através do uso de kit Colipaper Petri. As concentrações de clorofila-a extraída foram adquiridas por meio de filtrado de amostras em acetona, de acordo com Borges et al. (2007), e seus dados adquiridos por fluorimetria. Concentração de nutrientes inorgânicos dissolvidos foram realizados para

os nutrientes ortofosfato, nitrito, nitrato, amônia e ortosilicato, por amostras filtradas e congeladas, depois descongeladas para reações colorimétricas e análise em triplicata por fluorimetria (MARQUES Jr.; BARBOZA, 2007).

Somente das amostras de água retiradas nas visitas dos dias 05/04, 19/04, 07/05, 21/05, 07/06 e 21/06 (a cada quatro visitas, além da primeira) foram utilizadas, destas das quais foram posteriormente realizadas análises de DBO₅, coliformes totais e fecais, clorofila-a extraída, e concentração de nutrientes inorgânicos dissolvidos.

Para saber sobre correlações de proporcionalidade entre variáveis, foi calculado o coeficiente de correlação de Pearson, entre os dados de variáveis físico-químicas – temperatura do ar, temperatura da água superficial, temperatura da água do fundo, oxigênio dissolvido, transparência, condutividade, turbidez, clorofila-a *in vivo*, ficocianina *in vivo* e pluviosidade. Neste trabalho foram discutidas as correlações com valores mais extremos ($-0,5 < \rho < 0,5$). Para obtenção desses dados foi utilizado o software Statistica.

Tabela 1. Cronograma de visitas *in situ* do monitoramento do lago estudado. Em asterisco, estão indicados os dias em que foram realizados experimentos de DBO₅ e coliformes, e preparo de armazenamento de amostras para análises de clorofila-a extraída e nutrientes inorgânicos dissolvidos.

Visita	Dia
1 ^{a*}	05/04/2018
2 ^a	12/04/2018
3 ^a	16/04/2018
4 ^{a*}	19/04/2018
5 ^a	23/04/2018
6 ^a	26/04/2018
7 ^a	02/05/2018
8 ^{a*}	07/05/2018
9 ^a	10/05/2018
10 ^a	14/05/2018
11 ^a	17/05/2018
12 ^{a*}	21/05/2018
13 ^a	24/05/2018
14 ^a	29/05/2018
15 ^a	04/06/2018
16 ^{a*}	07/06/2018
17 ^a	11/06/2018
18 ^a	14/06/2018
19 ^a	18/06/2018
20 ^{a*}	21/06/2018

Fonte: elaborado pelo autor (2018).

3.3 ANÁLISES QUALITATIVAS DE FITOPLÂNCTON

Para análise qualitativa do fitoplâncton, em todos os dias do monitoramento foram coletadas *in situ* amostras de biomassa da superfície por arrasto, entre dez a quinze lances por ponto, de rede de fitoplâncton (20µm) em ambos os pontos amostrais. As amostras coletadas pela rede foram armazenadas em frascos de 200 ml para cada visita, com conteúdo dos dois pontos no mesmo frasco. As amostras foram conservadas em formol 2%, mantidas ao abrigo da luz e depois

visualizadas sob microscopia de luz. Gêneros taxonômicos foram identificados com base na literatura especializada (WERNER, 2002; BICUDO; AZEVEDO; DE CASTRO, 2004; BICUDO; MENEZES, 2006; DOS SANTOS, 2016, HETSCHKE; TORGAN, 2010, GUIRY, 2008).

3.4 CÁLCULO DE ÍNDICES DE ESTADO TRÓFICO

O nível de estado trófico do lago foi obtido utilizando três fórmulas de IET, baseadas nos dados de transparência por disco de Secchi e concentração de clorofila-a extraída, todas elaboradas por Carlson et al. (1977). Das utilizadas neste trabalho, duas são fórmulas modificadas por Toledo et al. (1983), e a terceira é uma fórmula proposta por Lamparelli et al. (2004). Os limites estabelecidos para as diferentes classes de trofia para os índices utilizados são descritos conforme a Tabela 2. As equações de IET utilizadas, elaboradas por Toledo et al. (1983), são as seguintes:

$$IET(S) = 10 * \left[6 - \left(\frac{0,64 + \ln S}{\ln 2} \right) \right] \quad (1)$$

$$IET(Chla) = 10 * \left\{ 6 - \frac{[2,04 - 0,95 * (\ln Chla)]}{\ln 2} \right\} \quad (2)$$

Onde:

S: leitura da transparência da água pela profundidade, em metros, pelo disco de Secchi

Chla: concentração, em µg/l, de clorofila-a extraída, na superfície do lago

O terceiro cálculo para determinação de IET utilizado possui a seguinte fórmula:

$$IET(CL) = 10 * (6 - ((0,92 - 0,34 * (\ln CL)) / \ln 2)) \quad (3)$$

Onde:

CL: concentração, em µg/l, de clorofila-a extraída, na superfície do lago

Tabela 2. Classificação de Estado Trófico para reservatórios segundo Índice de Carlson Modificado.

Classificação de estado trófico	Critério
Ultraoligotrófico	$IET < 47$
Oligotrófico	$47 < IET < 52$
Mesotrófico	$52 < IET < 59$
Eutrófico	$59 < IET < 63$
Supereutrófico	$63 < IET < 67$
Hipereutrófico	$IET > 67$

Fonte: LAMPARELLI (2004), CETESB (2007).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA DO LAGO

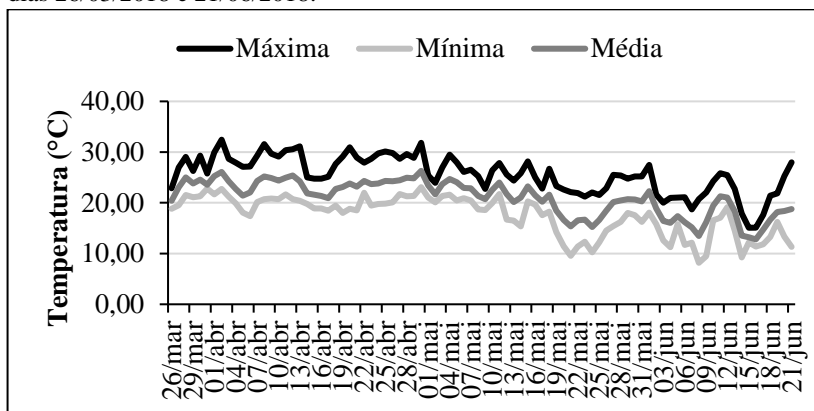
Foi notado que a água de todo o lago possuía uma coloração bastante turva, sem nenhuma visibilidade do fundo do lago. Nas análises *in situ* e *ex situ* percebeu-se que há diferenças visuais dos dois pontos amostrais, onde o ponto 1 possuía uma coloração mais turva e escura, provavelmente associadas a eventos meteorológicos. Durante as visitas foi possível observar que é bastante suscetível o acúmulo de detritos não orgânicos de lixo humano, por não haver uma proteção que impossibilite a entrada para a água. Quanto a detritos orgânicos, foi visível que o lago sofreu grandes e repentinos acúmulos de material orgânico, como plantas cortadas do gramado nas margens, ou por alimentos jogados ao longo da superfície e nas margens do lago (pães e milho), possivelmente para alimentação de peixes e aves situados pelo lago. Ao longo do período amostral foram executadas obras nas proximidades das margens do lago, para reforma de uma calçada que fica entre o lago e o Centro de Cultura e Eventos, próximo ao ponto 2. Do lado oposto, antes do início do monitoramento do lago também foi executado uma reforma completa na calçada de madeira que compõem o *deck* do lago, onde foram ocorridas as análises *in situ* do ponto 1. Não foram confirmadas neste trabalho se tais obras afetaram nos aspectos totais na água do lago.

4.2 ANÁLISE DOS DADOS FÍSICO-QUÍMICOS

4.2.1 Dados da Estação Meteorológica da UFSC

Foram considerados dados de temperatura do ar desde o dia 26/03/2018, dez dias antes do período amostral, até o final do período. Como previsto, há uma tendência de diminuição de temperatura em direção ao solstício de inverno, dia 21/06 (Figura 4).

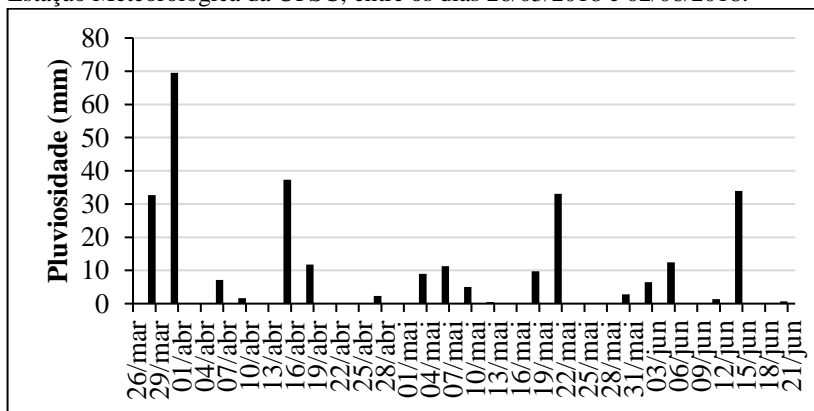
Figura 4. Comparação de valores de temperaturas atmosféricas mínimas, máximas e médias, registradas pela Estação Meteorológica da UFSC, entre os dias 26/03/2018 e 21/06/2018.



Fonte: LabHidro, UFSC (2018).

Para os dados de pluviosidade, foram considerados as somatórias acumuladas em frequências de 5 e 10 dias. Como mostrado, houve um máximo de pluviosidade no final de do mês de março, chegando acima de 100 mm, e também valores altos no fim dos meses de maio e meados de junho (Figura 5).

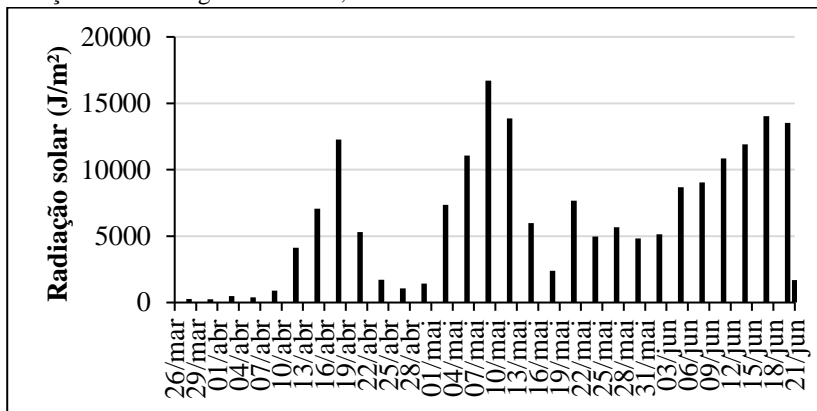
Figura 5. Valores de somatória de pluviosidade de três dias, registrados pela Estação Meteorológica da UFSC, entre os dias 26/03/2018 e 02/06/2018.



Fonte: LabHidro, UFSC (2018).

Para os dados de radiação global, houve um pico máximo de radiação em meados de maio, com picos secundários em meados de abril e junho, indicando uma alternância de crescimento e diminuição de valores ao longo o período amostral (Figura 6).

Figura 6. Valores de somatória de radiação global de três dias, registrados pela Estação Meteorológica da UFSC, entre os dias 26/03/2018 e 02/06/2018.

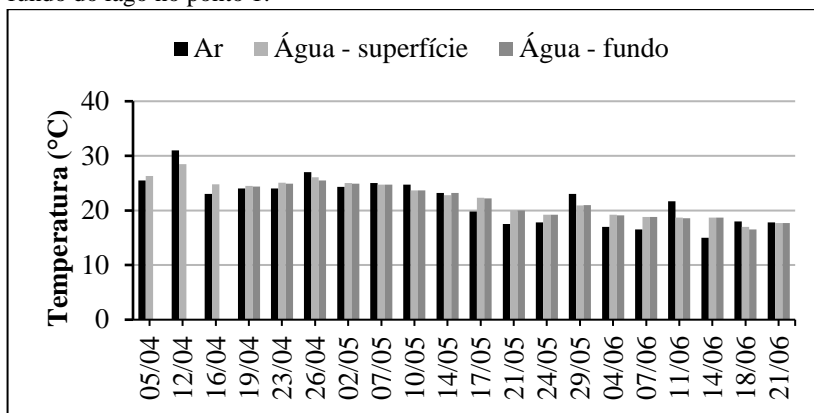


Fonte: LabHidro, UFSC (2018).

4.2.2 Dados físico-químicos dos pontos amostrais

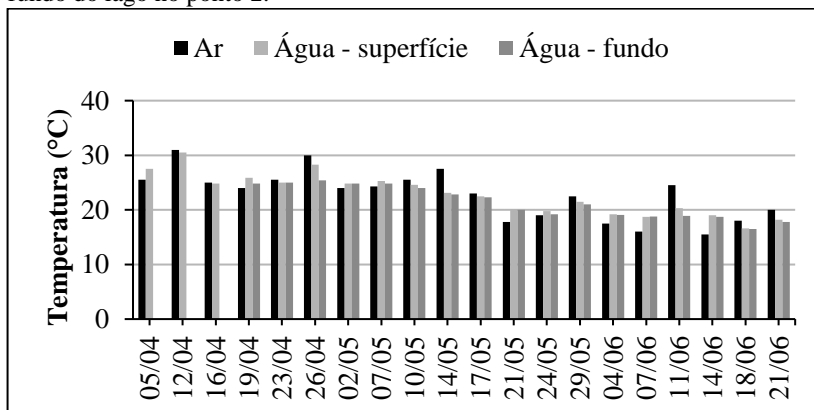
Das análises coletadas de temperatura *in situ*, no ponto 1, as médias e desvios padrão das temperaturas do ar, da superfície e fundo do lago foram, respectivamente, de $23,0 \pm 4,17^\circ\text{C}$, $22,55 \pm 3,38^\circ\text{C}$ e $21,0 \pm 2,98^\circ\text{C}$ (Figura 7a). As médias e desvios padrão no ponto 2 foram $24,0 \pm 4,44^\circ\text{C}$, $22,8 \pm 3,78^\circ\text{C}$ e $21,0 \pm 2,99^\circ\text{C}$ (Figuras 7b).

Figura 7a. Comparação entre valores de temperaturas do ar, na superfície e no fundo do lago no ponto 1.



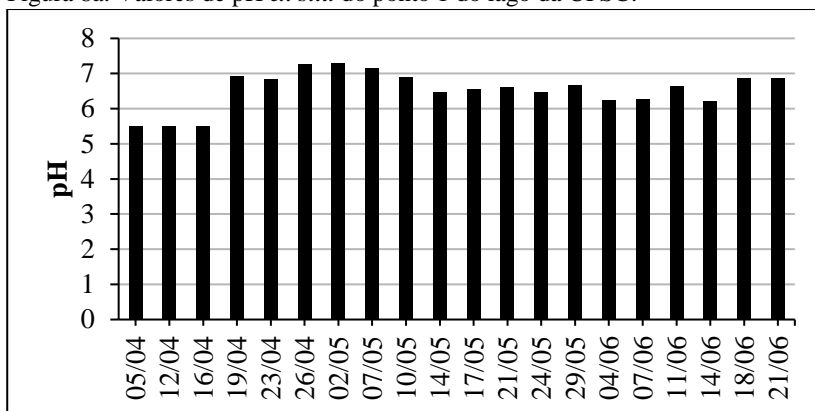
Fonte: elaborado pelo autor (2018).

Figura 7b. Comparação entre valores de temperaturas do ar, na superfície e no fundo do lago no ponto 2.

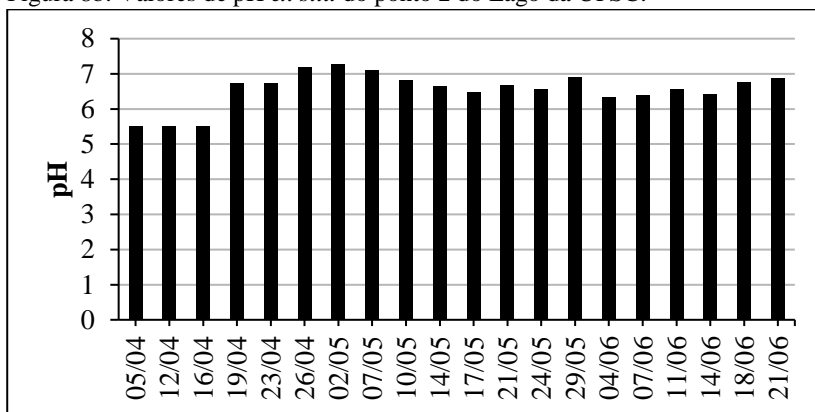


Fonte: elaborado pelo autor (2018).

Ambos os pontos mostraram valores semelhantes de pH ao longo do período. Os valores totais de pH no ponto 1 mantiveram-se próximos da neutralidade, obtendo um valor médio de pH no período de monitoramento foi de $6,63 \pm 0,55$, oscilando entre 5,5 e 7,29, com valores máximos encontrados entre abril e maio (Figura 8a). Os dados de pH *ex situ* do ponto 2 oscilaram entre 5,5 e 7,27, com média de $6,65 \pm 0,52$ (Figura 8b).

Figura 8a. Valores de pH *ex situ* do ponto 1 do lago da UFSC.

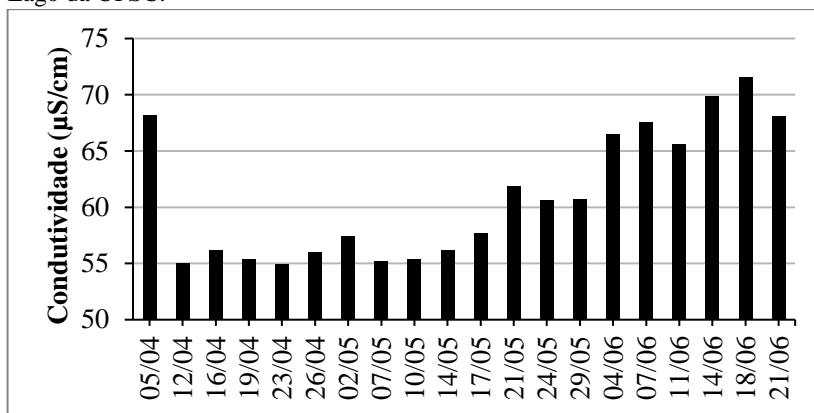
Fonte: elaborado pelo autor (2018).

Figura 8b. Valores de pH *ex situ* do ponto 2 do Lago da UFSC.

Fonte: elaborado pelo autor (2018).

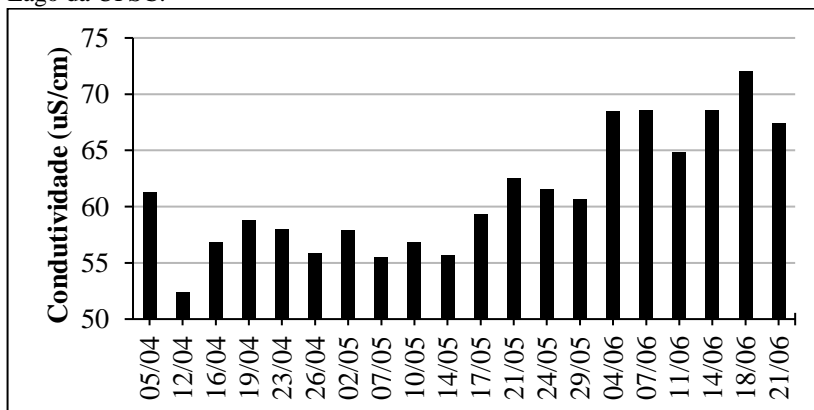
O valor médio de condutividade do ponto 1 foi de $59,15 \mu\text{S}/\text{cm}^3$ e desvio padrão de $5,87 \mu\text{S}/\text{cm}^3$, que começou elevada na amostra de 05/04, porém permaneceu com valores abaixo de $60 \mu\text{S}/\text{cm}^3$ até a primeira metade do monitoramento e já a partir de meados de maio começou a sofrer um incremento gradual, com máximo de $71,6 \mu\text{S}/\text{cm}^3$ na amostra do dia 18/06 (Figura 9a). Assim como no ponto 1, a condutividade do ponto 2 começou com um valor elevado, acima de $60 \mu\text{S}/\text{cm}^3$, em seguida com valores baixos, até possuir um crescimento desde meados do mês de maio, assim a média do ponto 2 foi de $59,95 \pm 5,48 \mu\text{S}/\text{cm}^3$ (Figura 9b).

Figura 9a. Valores de condutividade *ex situ* do ponto 1 no monitoramento do Lago da UFSC.



Fonte: elaborado pelo autor (2018).

Figura 9b. Valores de condutividade *ex situ* do ponto 2 no monitoramento do Lago da UFSC.

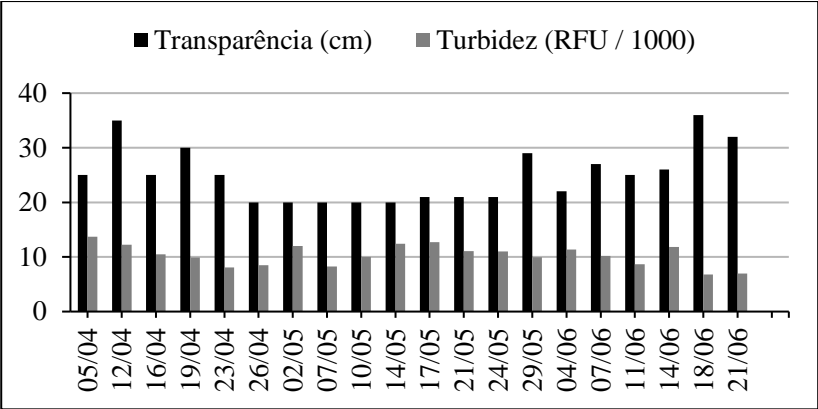


Fonte: elaborado pelo autor (2018).

Os dados de transparência no ponto 1 indicaram média de $25 \pm 5,12$ cm, enquanto que a turbidez obteve média de $10331,56 \pm 1944,97$ RFU, que obteve valor máximos acima de 30 cm no início e final do período amostral, enquanto que, para turbidez, não houveram grandes oscilações nos valores (Figura 10a). Os dados de transparência no ponto 2, também estavam com valores máximos no início e final do período amostral, com média de $25,5 \pm 5,13$ cm, e para os valores de turbidez no ponto 2 tiveram

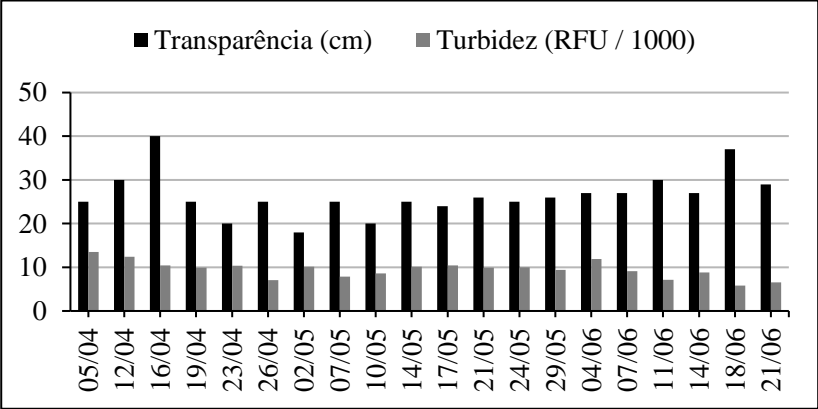
média de $9925,44 \pm 1950,4$ RFU (Figura 10b). Os valores de turbidez foram divididos por 1000 para ajuste de escala.

Figura 10a. Valores de transparência da água (profundidade de disco de Secchi) e fluorecência de turbidez do ponto 1.



Fonte: elaborado pelo autor (2018).

Figura 10b. Valores de transparência da água (profundidade de disco de Secchi) e fluorecência de turbidez do ponto 2.

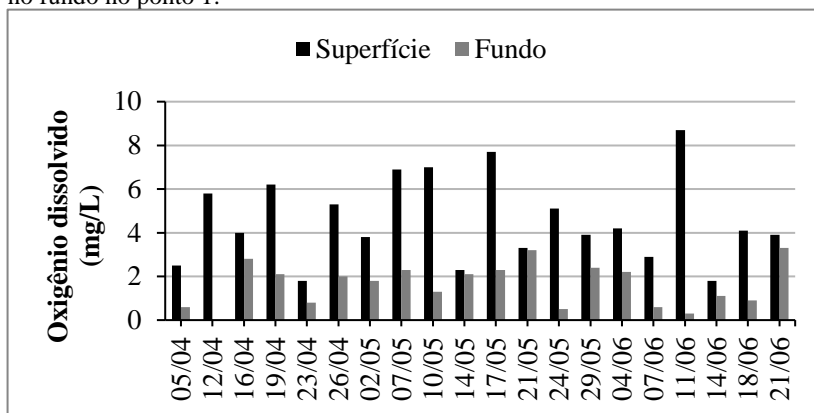


Fonte: elaborado pelo autor (2018).

As médias de valores foram de $4,05 \pm 1,98$ mg/l na superfície e $2,00 \pm 0,93$ mg/l no fundo e desvio padrão de 1,98 mg/l e 0,93 mg/l, respectivamente (Figura 11a). A média de concentração de oxigênio *in situ* superficial no ponto 2 obteve média de $5,1 \pm 3,46$ mg/l. No entanto a

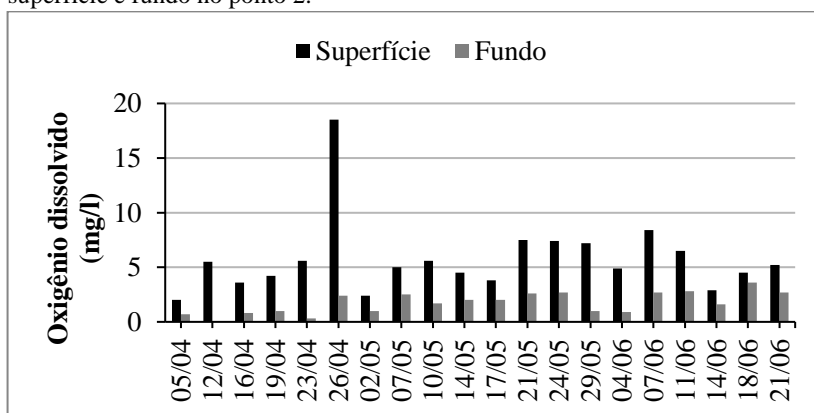
média de concentração no fundo permaneceu igual em ambos os pontos, com a média do ponto 2 de $2,0 \pm 0,93$ mg/l (Figura 11b).

Figura 11a. Comparação de valores de concentrações de oxigênio na superfície e no fundo no ponto 1.



Fonte: elaborado pelo autor (2018).

Figura 11b. Comparação de valores de concentração de oxigênio dissolvido na superfície e fundo no ponto 2.

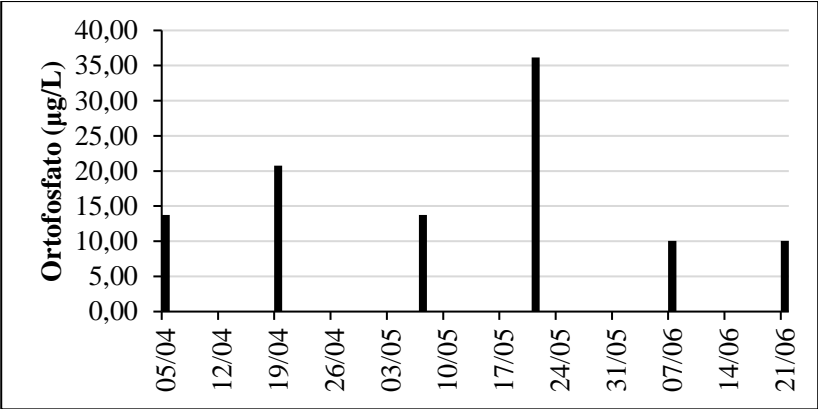


Fonte: elaborado pelo autor (2018).

Os dados de PO_4^{3-} do ponto 1 indicaram uma média de $17,42 \pm 9,97$ $\mu\text{g/L}$, com valor máximo no dia 21/05, com 36,15 $\mu\text{g/L}$, com uma leve tendência de crescimento desde abril, e uma queda dos valores de maio até junho (Figura 12a). Os dados de PO_4^{3-} do ponto 2 tiveram uma média

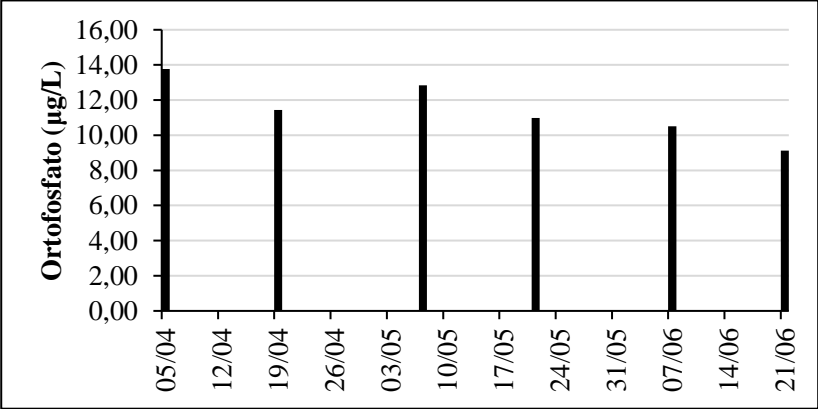
de $11,44 \pm 1,66 \mu\text{g/L}$, com valor máximo de 13,76 no dia 05/04 (Figura 12b).

Figura 12a. Valores de concentrações de ortofosfato inorgânico (PO_4^{-3}) do ponto 1.



Fonte: elaborado pelo autor (2018).

Figura 12b. Valores de concentração de ortofosfato inorgânico (PO_4^{-3}) do ponto 2.



Fonte: elaborado pelo autor (2018).

4.3 DISCUSSÃO DOS DADOS FÍSICO-QUÍMICOS

Como esperado sobre os dados de temperatura, a temperatura da água diminuiu em direção a junho, acompanhando a temperatura do ar. O experimento foi no decorrer do Outono, terminado justamente no dia do solstício de Inverno, justificando a tendência dos dados.

Em relação aos dados de pH, houve uma tendência a manter entre valores próximos da neutralidade, com bastante semelhança em ambos pontos. Mesmo com o decréscimo de temperatura durante o período amostral e as mudanças de temperatura e pluviosidade, não houve grande variação. Em lagos com sinais de eutrofização é possível ocorrer grandes alterações no pH, inclusive ao longo do dia, mas não foram evidenciadas durante o monitoramento (VALENTE; PADILHA; DA SILVA, 2018). As comunidades aquáticas podem influenciar nos valores de pH, ora pelos organismos autotróficos (microalgas), capazes de elevar o pH pela assimilação de CO_2 pela fotossíntese, ora pelos organismos heterotróficos, que podem diminuir o pH pelos processos de decomposição e respiração (MATSUKAZI; MUCCI; ROCHA, 2004). Nas análises das três visitas iniciais (05/04, 12/04 e 16/04) o pH de ambos os pontos amostrais foram registrados em 5,5, possivelmente devido à falta de precisão de leitura.

Quanto aos dados de condutividade, ambos os pontos tiveram médias semelhantes, e tendências de crescimento ao longo do monitoramento, o que poderia significar um crescimento no aporte de íons inorgânicos. Há suspeitas se os dados foram influenciados por altos níveis de pluviosidade, que pelas chuvas poderia ocasionar um maior despejo de nutrientes inorgânicos (DE ALMEIDA; PINESE; PINESE, 2007). Dez dias antes do início do período de monitoramento, entre meados de maio e junho foram registrados altos valores de precipitação, o que coincide com o notado crescimento dos valores de condutividade. Pela realimentação da água do lago através da chuva, também há o carregamento de compostos inorgânicos para o lago.

Os valores de turbidez mostraram uma relação inversa com a transparência, o que era esperado, já que esta é afetada pelo material de suspensão se relacionam em formas opostas (LAMPARELLI, 2004). É provável que os dados de transparência e turbidez tenham sofrido influência de fatores como concentração de derivados de fosfato e crescimento de algas.

Quanto a concentração de ortofosfato, esta representou uma grande disponibilidade deste nutriente para a microbiota existente, pois

evidenciam uma alta concentração de fosfato total do lago, caso comparado com corpos hídricos recomendados para fins recreativos. Também não foi descartada um provável despejo de nutrientes poluentes de origem urbana e residencial, via lençol freático, pela realimentação natural da água do lago. Vale ressaltar que neste trabalho, junto com as análises de ortofosfato foram também realizadas análises de concentração de compostos inorgânicos derivados de nitrogênio (nitrito, nitrato, amônia) e ortosilicato, que devido a erros metodológicos foram desconsiderados deste trabalho.

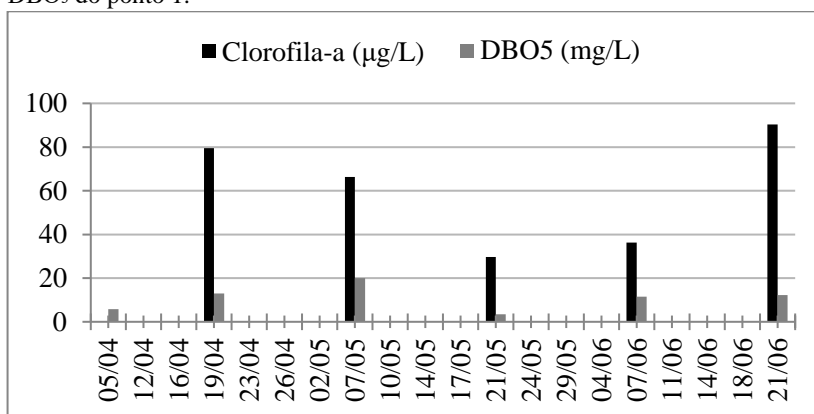
Verificou-se uma importante diferença entre concentrações de oxigênio dissolvido na superfície e fundo do lago na maior parte dos dias amostrados. Os gráficos de OD dos dois pontos exibem uma condição típica em ambientes de processo de eutrofização, onde a fotossíntese do fitoplâncton e a reaeração superficial resultam em valores elevados na superfície e a baixa penetração de luz, somada a matéria orgânica concentrada no fundo, o que determinam valores baixos de oxigênio. Não se descarta também a influência ocasional de eventos de chuva antes e durante as visitas do monitoramento, e acionamento de chafariz, instalado no lago, como processos que provocaram aerações de oxigênio na superfície da água, que poderiam influenciar positivamente os valores de oxigênio. Se considerarmos os valores de transparência e a profundidade das margens nos dois pontos amostrais ($\cong 150$ cm), percebe-se que a luz dificilmente chegaria ao fundo, o que dificulta a fotossíntese fitoplânctonica e a distribuição vertical de oxigênio dissolvido. Mesmo com uma reaeração maior na superfície no ponto 2, os dois pontos exibiram concentrações iguais de oxigênio. Por erros metodológicos, o OD do fundo no dia 12/04 dos dois pontos não foi registrado. Baseado nos dados de OD, pelas condições vigentes na resolução CONAMA N° 357/2005, o lago não respeitaria condições destinadas à harmonia paisagística, por terem sido encontrados valores abaixo de 2,0 mg/l

4.4 ANÁLISE DE DADOS BIOQUÍMICOS E DE COLIFORMES

A média total dos dados de concentração de clorofila-a do ponto 1 foi de $66,37 \pm 26,57$ $\mu\text{g/l}$, que mostraram valores elevados nas primeiras duas análises e no último dia de amostragem, quando foi registrado o maior, com 90,38 $\mu\text{g/l}$, e o valor mínimo no dia 21/05, com 29,73 $\mu\text{g/l}$ (Figura 13a). Os valores de DBO₅, com média de $11,9 \pm 5,84$ mg/l, oscilaram entre 19,95 mg/l e 3,41 mg/l, mostrando uma frequência de crescimento dos valores na primeira e segunda metade do período

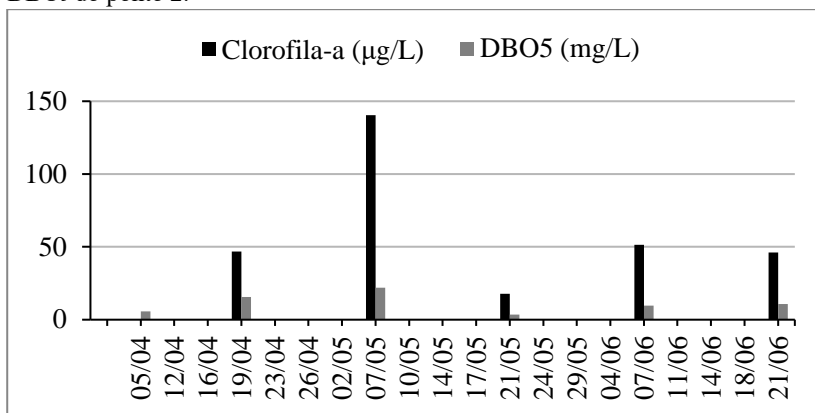
amostral (Figura 13a). Mostrou-se uma relação de crescimento de clorofila-a com DBO₅ onde acima de 12 mg/l de demanda mostraram também valores elevados de clorofila-a. Para o ponto 2, os dados mostraram um valor máximo no dia 06/05, com o valor de 140,33 µg/l, e valor mínimo na coleta seguinte, com 17,71 µg/l (Figura 13b), e média total de $46,78 \pm 46,58$ µg/l. Os valores de DBO₅, com média de $11,9 \pm 5,84$ mg/l, oscilaram entre 21,9 mg/l e 3,58 mg/l, com frequência de crescimento semelhante com o ponto 1 (Figura 13b).

Figura 13a. Comparação entre valores de concentração de clorofila-a extraída e DBO₅ do ponto 1.



Fonte: elaborado pelo autor (2018).

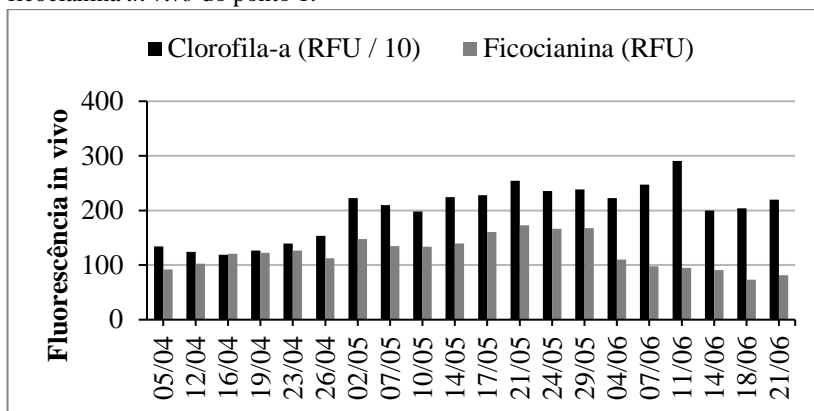
Figura 13b. Comparação de valores de concentração de clorofila-a extraída e DBO₅ do ponto 2.



Fonte: elaborado pelo autor (2018).

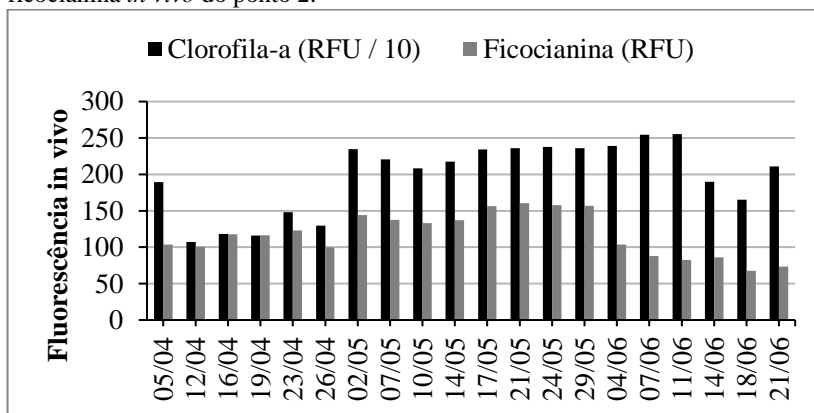
Na relação de clorofila-a *in vivo* e ficocianina *in vivo* teve como médias $2146 \pm 496,74$ RFU e $121,55 \pm 30,21$, respectivamente. Percebeu-se que, no início das amostragens de clorofila-a *in vivo* houve uma tendência de crescimento dos valores ao longo do monitoramento, e reduziu nas amostras finais, assim como para ficocianina, que também ocorreu o mesmo, porém com a queda de valores ocorrendo mais anteriormente (Figura 14a). Na relação dos dados *ex situ* de clorofila-a *in vivo* e ficocianina *in vivo* no ponto 2, ambas tiveram como médias $2143,5 \pm 493,33$ RFU e $117,05 \pm 29,77$ RFU, respectivamente. Percebeu-se que, para ambos os dados houveram semelhanças no crescimento dos valores até o mês de junho, e após com a diminuição até o final do período, com exceção para o dia 05/04, que iniciou com valor elevado de clorofila-a (Figura 14b). Os valores de clorofila-a foram divididos por 10 para ajuste de escala.

Figura 14a. Comparação de valores de fluorescência de clorofila-a *in vivo* e ficocianina *in vivo* do ponto 1.



Fonte: elaborado pelo autor (2018).

Figura 14b. Comparação entre valores de fluorescências de clorofila-a *in vivo* e ficocianina *in vivo* do ponto 2.

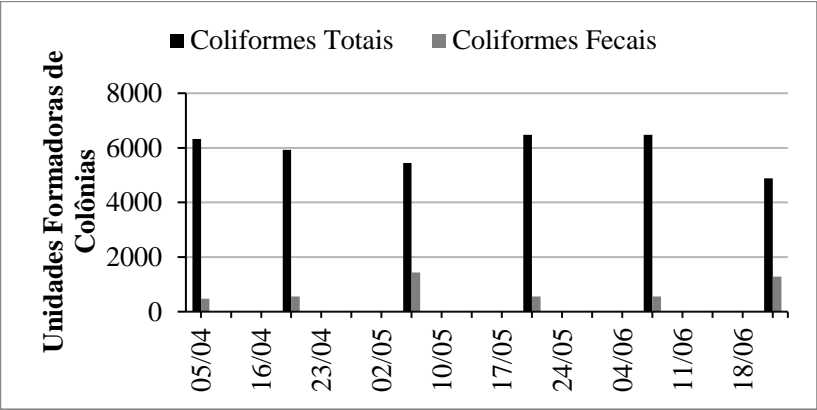


Fonte: elaborado pelo autor (2018).

Em relação aos coliformes totais do ponto 1 os valores não mostraram grandes diferenças entre as amostras, com médias de $6120 \pm 647,95$ UFC/100 ml. Para coliformes fecais (*E. coli*) com média de $560 \pm 427,58$ UFC/100 ml, houveram grandes diferenças entre as datas, com valores maiores nos dias 07/05, com 1440 UFC/100ml, e 21/06, com 1280 UFC/100ml (Figura 15a). Em relação a ponto 2, os coliformes fecais tiveram valores médios de $5200 \pm 1317,86$ UFC/100 ml para coliformes

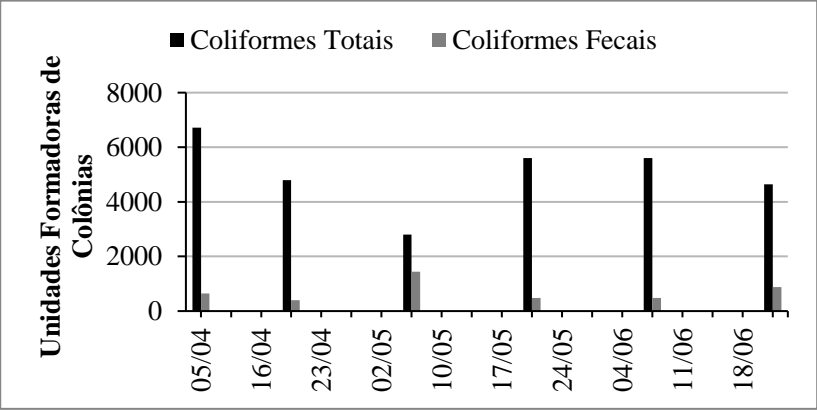
totais e $560\pm391,92$ UFC/100 ml para coliformes fecais. Para coliformes fecais, em ambos pontos amostrais obtiveram valores semelhantes, no ponto 2 com valor máximo de 1440 UFC/100ml no dia 07/05, valor igual e no mesmo dia que no ponto 1. Na amostra do dia 05/04, dia de valor máximo, com 6720 UFC/100ml, foi a única a ter resultado acima de 6000 UFC/100ml, e valor mínimo de 2800 UFC/100ml, contrariamente, no dia com maior valor de coliformes totais (Figura 15b).

Figura 15a. Comparação entre valores de unidades de coliformes totais e coliformes fecais (*E. coli*) do ponto 1.



Fonte: elaborado pelo autor (2018).

Figura 15b. Comparação de valores de unidades de coliformes totais e fecais (*E. coli*) do ponto 2.



Fonte: elaborado pelo autor (2018).

4.5 DISCUSSÃO DOS DADOS BIOQUÍMICOS E DE COLIFORMES

Em ambos pontos encontrou-se uma relação marcante entre DBO₅ e clorofila-a extraída, onde nos mesmos dias valores altos de clorofila-a também possuíram valores altos de DBO₅, que poderia representar uma elevada concentração orgânica, capaz de ser degradada pela respiração da microbiota do lago, que de fato tal concentração favorecendo o crescimento do fitoplâncton (VALENTE; PADILHA; SILVA, 1997). As análises de concentração de clorofila-a extraída começaram a ser medidas a partir do dia 19/04.

Através dos valores de pigmentos *in vivo*, pode-se observar uma dinâmica de biomassa do fitoplâncton, no período amostral. À medida que os valores de pigmentos são maiores, também são elevados os valores de turbidez, e menor os valores de transparência, exibindo menor penetração da luz, característica que marcante em lagos em processo de eutrofização. Pelo fato de a ficocianina ser um pigmento encontrado exclusivamente em cianobactérias, tais níveis de pigmentos mostraram a presença ao longo do período desses organismos em todo o lago (THOMAS; BINI, 1998).

Para coliformes totais percebe-se que há contaminação, porém, os valores não mostraram ser tão elevados nos dois pontos, ao mesmo tempo que os valores foram compatíveis com encontrados em águas superficiais com considerável contaminação orgânica (BUZANELLO et al., 2008). É possível que a contaminação por coliformes fecais esteja relacionada às fezes de aves presentes no local (patos, gansos e pombos), ou seja, não necessariamente há contaminação com esgoto doméstico, mas não é descartado que um aumento nos níveis de chuva possa facilitar o transporte de efluentes e material fecal das margens até o lago, ou pelo lençol freático que realimenta suas águas. Por haver uma presença de peixes, suportada pelo aporte de matéria orgânica lançada ao lago, os dejetos desses animais podem ser capazes de alterar as características do ambiente aquático e fornecer, por ação microbiológica, nutrientes essenciais para o desenvolvimento do fitoplâncton e, caso em excesso, estimular a eutrofização do ambiente (SILVA et al., 2012).

Pelos dados bioquímicos e de coliformes apresentados, segundo a resolução do CONAMA 357/2005 os pontos amostrais mostram que não seriam recomendados para uso direto e indireto sem tratamento prévio, caso fossem respeitadas tais condições, visto que foram encontrados valores acima de 5 mg/l para DBO₅, acima de 30 µg/L para concentração de clorofila-a e acima de 1000 UFC/100 ml para coliformes fecais.

4.6 CORRELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS FÍSICO-QUÍMICAS E BIOQUÍMICAS

A matriz de correlação mostra os índices de correlação entre as variáveis, sendo que em **negrito** aparecem os resultados que foram estatisticamente significativos ($p < 0,05$, $n = 27$). Foram destacados com asterisco aquelas correlações, positivas ou negativas, que apresentaram valores elevados. Somente estas serão discutidas (Tabela 4).

A temperatura do ar mostrou correlação significativa positiva com temperatura da água em superfície e no fundo, e com pH; e negativa com condutividade. Tratam-se de relações ambientais típicas e esperadas, mostrando dependência direta entre as temperaturas, como resultado do aquecimento solar. O pH mostra-se normalmente em relação inversa com a temperatura, isso quando considerada a água pura (destilada), pois o aumento da temperatura desloca o equilíbrio químico da água, tornando-a mais ácida (CUNHA; ALVES; REIS; 2010). No caso do lago em questão é provável que a relação positiva tenha uma origem indireta, onde maior temperatura representa maior insolação, afetando a fotossíntese do meio, que é rico em fitoplâncton. Logo, quanto mais insolação, maior a temperatura e maior o pH (SERAFIM et al, 2003). A relação inversa entre as temperaturas (água e ar) e a condutividade também pode indicar efeito da fotossíntese, pois quanto maior a fotossíntese maior o consumo dos sais nutrientes, que por sua vez afetam a condutividade, como também pode ser devido a ressuspensão de material do fundo do lago e aumento na decomposição de matéria orgânica, que pode liberar mais íons na superfície da água (MATSUKAZI; MUCCI; ROCHA, 2004; GOMES, 2014).

Vale destaque ainda as relações inversas (negativas) entre as temperaturas com a transparência e fluorescência de clorofila-a in vivo. Uma maior temperatura, típica de dias mais claros e ensolarados, possa acarretar em maiores leituras de transparência, induzindo a relação negativa. Já no caso da clorofila-a, provavelmente a maior temperatura, relacionada a maior insolação, determine redução da clorofila-a superficial por processo de fotoaclimação, uma vez que a coleta para clorofila-a é superficial. A transparência ainda mostrou correlação positiva com condutividade e negativa com turbidez e fluorescência de ficocianina. No primeiro caso, não está clara a explicação. No caso da turbidez, o resultado é esperado, uma vez que quanto menos material em suspensão (turbidez), mais transparente se torna a água. No caso da ficocianina talvez a maior transparência resulte em melhor eficiência de leitura da fluorescência de ficocianina, sendo nesse caso um artefato

analítico (interferência do material em suspensão na leitura de fluorescência. Essa possível explicação também se aplica a relação negativa entre ficocianina e turbidez. A condutividade mostrou correlação negativa com pH e ficocianina. O primeiro caso pode ser explicado pela influência de alguns sais no pH, ou mesmo pela influência do CO₂ ionizado, afetando tanto o pH negativamente como a condutividade positivamente. A relação inversa de condutividade e ficocianina pode indicar que as cianobactérias têm preferência por águas mais diluídas. O resultado que mais chamou a atenção, no entanto, foi a inexistência de correlação entre as variáveis de pluviosidade e a algumas variáveis tipicamente influenciadas pela chuva, como a transparência, a condutividade e a clorofila-a. Talvez uma amostragem mais extensiva, englobando períodos com altas e baixas pluviosidades mostre essas relações (FAVERI et al., 2012, DA COSTA et al., 2009).

Tabela 3. Matriz de correlação (ρ de Pearson) de variáveis físico-químicas e meteorológicas dos pontos 1 e 2 do Lago da UFSC. Em negrito estão os resultados mais significativos. Os valores com asterisco são os valores discutidos neste trabalho.

	Temperatura do ar (°C)	Temperatura da água superficial (°C)	Temperatura da água do fundo (°C)	OD superficial (mg/L)	OD do fundo (mg/L)	Transparência (m)	Condutividade (µS/cm)	pH	Turbidez (RFU)	Clorofila-a <i>in vivo</i> (RFU)	Ficocianina <i>in vivo</i> (RFU)	Pluviosidade de 3 dias (mm)
Temperatura do ar (°C)	1,00											
Temperatura da água superficial(°C)	0,87*	1,00										
Temperatura da água do fundo (°C)	0,83*	0,98*	1,00									
OD superficial (mg/L)	0,36	0,28	0,15	1,00								
OD do fundo (mg/L)	-0,05	-0,12	-0,15	0,17	1,00							
Transparência (m)	-0,36	-0,58*	-0,64*	-0,01	0,26	1,00						
Condutividade (µS/cm)	-0,82*	-0,89*	-0,92*	-0,19	0,06	0,66*	1,00					
pH	0,68*	0,65*	0,63*	0,26	0,09	-0,18	-0,56*	1,00				
Turbidez (RFU)	-0,19	0,05	0,14	-0,28	-0,26	-0,58*	-0,19	-0,40	1,00			
Clorofila-a <i>in vivo</i> (RFU)	-0,40	-0,54*	-0,50*	-0,11	0,07	-0,07	0,32	-0,37	0,25	1,00		
Ficocianina <i>in vivo</i> (RFU)	0,23	0,35	0,42	-0,05	0,01	-0,60*	-0,64*	0,14	0,55*	0,22	1,00	
Pluviosidade de 3 dias (mm)	-0,48	-0,22	-0,20	-0,18	0,15	-0,02	0,25	-0,26	0,19	0,10	0,06	1,00

Fonte: elaborado pelo autor (2018).

4.7 DADOS DE FITOPLANKTON

Pelas amostras coletadas ao longo do monitoramento foram identificados 20 gêneros de organismos fitoplanctônicos (microalgas), sendo a Classe Chlorophyceae a mais diversa, com 9 gêneros, depois 5 gêneros da Classe Cyanophyceae, 3 gêneros da Classe Euglenophyceae, 2 da Classe Conjugatophyceae (Zygnematophyceae) e 1 da Classe Trebouxiophyceae (Tabela 4).

No decorrer das análises de fitoplâncton foi notado o predomínio dos gêneros *Trachelomonas* e *Coelastrum* em todas as amostras observadas, bem como de cianobactérias e clorofíceas coloniais. No geral as amostras não mostraram grandes variações de composição ao longo do tempo de amostragem, no entanto, mais próximo das amostras do final do período, houve uma presença maior dos gêneros *Staurastrum* e *Xanthidium*. Em todas as amostras foi percebido a grande presença de zooplâncton (rotíferos e copépodes), indicando intensa pastagem do fitoplâncton.

Foram encontradas exemplares que possivelmente poderiam pertencer aos grupos das diatomáceas (Classe Bacillariophyceae) e dos dinoflagelados (Classe Dinophyceae), porém não foi possível identificar esses organismos. Visto isso, não foi descartada a ocorrência destes e de outras microalgas no caso de um monitoramento anual mais completo e detalhado. Nos dados fitoplanctônicos de Tavares (1980) foram identificados gêneros do Filo Dinoflagellata e da Classe Bacillariophyceae, este táxon com o maior número de espécies identificadas. Tal resultado foi possível de ser promovido pois, como consta no artigo, foi revolido o material do fundo do lago para uma coleta de amostras mais completa do lago.

Em geral, ambientes aquáticos artificiais do Brasil como poços e represas são um dos ambientes mais favoráveis a proliferação de organismos fitoplanctônicos. Visto isso o fitoplâncton responde rapidamente a alterações ambientais de origem antrópica, alterando sua composição, estrutura e taxa de crescimento. A Classe Chlorophyceae, integrante do Filo Chlorophyta, possui destaque em todo o Brasil, devido ao fato de ser o grupo mais diversificado em relação a número de táxons em águas continentais, com uma elevada diversidade se comparada a outros grupos, especialmente em sistemas aquáticos tropicais eutrofizados (RODRIGUES et al., 2010). É bem citado pela literatura que, em ambientes aquáticos com elevados teores de matéria orgânica, as algas da Classe Euglenophyceae, como as do gênero *Trachelomonas*, são

comuns. Algas flageladas em geral, onde se inclui o Gênero *Trachelomonas*, são descritos por terem grandes quantidades de biomassa em reservatórios hipereutróficos (ALVES DA SILVA; SHÜLER DA SILVA, 2007).

Tabela 4. Táxons fitoplanctônicos identificados nos pontos 1 e 2 do Lago da UFSC.

Classe Cyanobacteria
<i>Aphanothece</i> Nägeli
<i>Aphanocapsa</i> Nägeli
<i>Geitlerinema</i> (Anagnostidis & Komárek) Anagnostidis
<i>Microcystis</i> Lemmermann
<i>Pseudanabaena</i> Lauterborn
Classe Chlorophyceae
<i>Ankistrodesmus</i> Corda
<i>Botryococcus</i> Kützing
<i>Coelastrum</i> Nägeli
<i>Desmodesmus</i> (Chodat) An, Friedl & Hegewald
<i>Kirchneriella</i> Schmidle
<i>Nephrocytium</i> Nägeli
<i>Oocystis</i> Nägeli ex Braun
<i>Pediastrum</i> Meyen
<i>Tetraedron</i> Kützing
Classe Conjugatophyceae (Zygnematophyceae)
<i>Staurastrum</i> Meyen ex Ralfs
<i>Xanthidium</i> Ehrenberg ex Ralfs
Classe Trebouxiophyceae
<i>Crucigenia</i> Moren
Classe Euglenophyceae
<i>Euglena</i> Ehrenberg
<i>Phacus</i> Dujardin
<i>Trachelomonas</i> Ehrenberg

Fontes: WERNER (2002), BICUDO; AZEVEDO; DE CASTRO (2004), BICUDO; MENEZES (2006), DOS SANTOS (2016), HETSCHKE; TORGAN (2010), GUIRY (2008).

Vários efeitos discutidos sobre problemas provocados por algas são muito atribuídos às cianobactérias. Em lagos e reservatórios, cianobactérias planctônicas podem causar diminuição severa de oxigênio por decaimento de algas. Gêneros como *Pseudoanabaena* e *Microcystis*

são descritas por produzirem compostos que causam alterações de odor e gosto na água. Vários outros gêneros, como *Microcystis*, detêm um papel ecológico importante, por ser capaz de produzir proliferações maciças, e também por produzir uma potencial toxicidade (AWWA, 2004; GIANI et al., 2007).

4.8 ÍNDICES DE ESTADO TRÓFICO

Foi constatado que o lago, pelos cálculos de índices de estado trófico utilizados, se mantém em níveis extremos de eutrofização, classificado entre os estados de Supereutrófico e Hipereutrófico, com classificações iguais em ambos os pontos amostrais. Mesmo assim, os dois pontos amostrais alcançaram as mesmas classificações tróficas. Para os resultados oriundos de IET(S) e IET(Chla), ponto 1 e ponto 2 obtiveram valores classificados em hipereutróficos, diferente para IET(CL), que resultou em valores de classificação supereutrófica, nível abaixo alcançado pelas demais fórmulas, porém os valores de IET(CL) conseguiram chegar no limite da sua classificação (Tabela 6).

Tabela 5. Médias dos índices de estado trófico dos pontos ponto 1 e ponto 2, do Lago da UFSC.

Índice	Média no ponto 1	Média no ponto 2	Média Total	Classificação Trófica
IET(S)	80,27±2,81	79,37±2,68	79,82	Hipereutrófico
IET(Chla)	78,96±4,83	77,73±7,19	78,165	Hipereutrófico
IET(CL)	66,41±2,42	65,79±3,60	66,1	Supereutrófico

Fonte: elaborado pelo autor (2018).

Além dos índices baseados em variáveis físico-químicas, também são utilizados índices de estado trófico baseados na composição de espécies de microalgas. Dependendo de cada fórmula proposta, os valores dos índices podem ser influenciados pelos números de grupos distintos de algas. Através dessas fórmulas, números baixos de espécies de Chlorophyceae e grandes valores de espécies de Cyanobacteria e de Euglenophyceae podem indicar valores elevados de estado trófico nesses ambientes. Pelas observações qualitativas do lago estudado, é provável encontrar altos valores de estado trófico, pelo fato de serem encontrado poucos gêneros e baixa presença da Classe Zygnematophyceae (*Staurostrum* e *Xanthidium*) se comparado aos demais gêneros de

cianobactérias identificados, pois os números de espécies destes grupos são inversamente proporcionais nos cálculos de IET. Também é possível chegar a valores altos de IET pelo fato de ter sido notado uma grande predominância da Classe Euglenophyceae, com destaque ao predomínio do gênero *Trachelomonas*, pois o número de espécies encontrados desta classe são diretamente proporcionais aos valores de IET (NOLLET; DE GELDER, 2014).

5 CONCLUSÕES

A caracterização limnológica do Lago da UFSC, por meio do monitoramento das características físico-químicas, bioquímicas e biológicas nos mostra que o lago vinha sofrendo com um estado de grande degradação hídrica² nos pontos amostrais analisados e que vinha sofrendo com um processo extremo de eutrofização, certamente devido principalmente a uma forte influência humana externa e urbana.

O lago da UFSC, corpo hídrico de baixa profundidade, exibiu aspectos visuais sem nenhuma visibilidade do fundo do lago, e fácil aporte de resíduos. O lago mostrou baixa transparência e alta turvação, com altas concentrações de carga de nutrientes orgânicos e inorgânicos ao longo do monitoramento, com baixa oxigenação na superfície e um ambiente quase anóxico no fundo do lago. Essas cargas de nutrientes seguiram proporcionalmente com valores altos de pigmentos biológicos, o que mostrou uma relação típica de alta degradação com uma intensa produção de biomassa microbológica e fitoplânctônica. A presença de coliformes totais e fecais indica que a comunidade bacteriana pode estar sendo influenciada pela liberação e estimulação sem controle de dejetos animais. Felizmente, a quantidade de coliformes fecais mostraram que pode haver baixas chances de despejo direto de esgoto, mesmo não sendo descartada esta possibilidade, já que o lago se encontra em um ambiente altamente urbanizado. Entre as variáveis analisadas, foram encontradas fortes correlações de seus dados, tanto diretamente e inversamente proporcionais, porém com carência de correlações comuns com dados de pluviosidade, mas que no geral contribuiu para reforçar o processo de eutrofização do ambiente estudado.

A comunidade do fitoplâncton observada no Lago da UFSC indicou uma maior diversidade de Chlorophyta, com uma alta presença de Euglenophyceae, presença considerável de Cyanobacteria, e baixa presença de Zygnematophyceae. Toda constituição observada indicou um ambiente com elevados teores de matéria orgânica com processo avançado de eutrofização do lago, somadas a uma possível toxicidade. Não há grandes mudanças na composição do fitoplâncton ao longo do monitoramento, o que indicou que para futuras observações de fitoplâncton seriam possíveis encontrar resultados desejados a longo prazo.

Os cálculos de Índice de Estado Trófico utilizados atestaram que o lago se encontra em níveis de classificação entre Supereutrófico e Hipereutrófico, utilizando os dados de transparência *in situ* e

concentração de clorofila-a *ex situ*. Com a utilização de demais fórmulas de IET para variáveis bióticas e abióticas seria possível adquirir observações mais completas do estado trófico do lago estudado. Por todos os resultados de IET confirmados, somados com todas as características analisadas neste trabalho, mostraram sinais claros de que o processo eutrofização no lago estudado vinha afetando a utilidade do lago, e caso houvesse o desejo de respeitar requerimentos ambientais vigentes, de acordo com a resolução CONAMA 357/2005, o Lago da UFSC careceria em não seguir condições e padrões para fins de harmonia paisagística.

A fim de reduzir o estado trófico e melhorar a qualidade da água, devem ser adotadas soluções para a aeração da água, remoção de nutrientes, a ponto do Lago da UFSC obter melhor qualidade da água e permitir melhor uso de suas finalidades. A remoção de lodo do fundo do lago via sucção pode sensivelmente restabelecer o equilíbrio trófico do lago. Para remover o possível excesso de nutrientes inorgânicos dissolvidos, por processos naturais baseados em engenharia ecológica, recomenda-se a instalação de um sistema de tapetes algais biofiltrantes, ou *Algae Turf Scrubbers* (ATSS) (KADLEC; KNIGHT, 1996).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Lago da UFSC mostrou necessidades de maior inclusão deste nos monitoramentos ambientais dos corpos hídricos presentes no interior e ao redor do Campus Florianópolis da UFSC, com estudos mais completos, para amplo conhecimento da caracterização do lago estudado e nas suas relações com a Bacia do Rio do Meio. Devem ser considerados monitoramentos no lago com períodos amostrais mais extensos, em períodos do dia e sazonalidades diferentes, com a busca de prováveis fontes de eutrofização e contaminação. Para novas análises é importante serem feitas outras variáveis físico-químico-biológicas. Uma maior abordagem das características planctônicas deve ser elaborada através de diferentes metodologias para análises quali-quantitativas de microalgas, bactérias e vírus, de diferentes locais do lago. Demais cálculos de IET devem ser aplicados, baseados em diferentes fórmulas e variáveis, para maior precisão do estado trófico do lago, junto com a utilização de outros índices ambientais. Tecnologias devem ser discutidas e executadas para uma melhor qualidade ambiental do Lago da UFSC, permitindo uma melhor utilização e proporcionando um melhor uso para a comunidades local.

REFERÊNCIAS

ALVES-DA-SILVA, Sandra Maria; SCHÜLER-DA-SILVA, Adriana. Novos registros do gênero *Trachelomonas* Ehr. (Euglenophyceae) no Parque Estadual Delta do Jacuí e no Rio Grande do Sul, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 21, p. 401-409, 2007.

ANDERSEN, R. A. Diversity of eukaryotic algae. **Biodiversity & Conservation**, v. 1, n. 4, p. 267-292, 1992.

AWWA et al. **Problem Organisms in Water: M7**. American Water Works Association, 2004.

BENNION, Helen; JUGGINS, Stephen; ANDERSON, N. John. Predicting epilimnetic phosphorus concentrations using an improved diatom-based transfer function and its application to lake eutrophication management. **Environmental Science & Technology**, v. 30, n. 6, p. 2004-2007, 1996.

BICUDO, Carlos Eduardo de Mattos; AZEVEDO, Maria de Paiva; DE CASTRO, Ana Alice Jarreta. **Flora ficológica do estado de São Paulo – Zygnemaphyceae**. V. 4, n.1. RiMa, 2004.

BICUDO, Carlos E. de M.; MENEZES, Mariângela. **Gêneros de algas de águas continentais do Brasil: chave para identificação e descrições**. Rima, 2006.

BORGES, Lucélia do Valle et al. Potencial de absorção de carbono por espécies de microalgas usadas na aquicultura: primeiros passos para o desenvolvimento de um “mecanismo de desenvolvimento limpo”. **Atlântica (Rio Grande)**, v. 29, n. 1, p. 35-46, 2007.

BOROWITZKA, Michael A. Algal biotechnology products and processes — matching science and economics. **Journal of Applied Phycology**, [s.l.], v. 4, n. 3, p.267-279, set. 1992. Springer Nature.

BRASIL, CONAMA. Resolução. 357, de 17 de março de 2005. **Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA**, v. 357, 2005.

BRASIL, CONAMA. Resolução. 274, de 29 de novembro de 2000. **Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA**, v. 274, 2000.

BUZANELLO, Elizandra Bruschi et al. Determinação de coliformes totais e termotolerantes na água do Lago Municipal de Cascavel, Paraná. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 6, n. S1, 2008.

CARLSON, Robert E. A trophic state index for lakes1. **Limnology and oceanography**, v. 22, n. 2, p. 361-369, 1977.

CETESB. **Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo: 2006**. São Paulo: CETESB, 2007.

COSTANZA, Robert; MAGEAU, Michael. What is a healthy ecosystem?. **Aquatic ecology**, v. 33, n. 1, p. 105-115, 1999.

CUNHA, Davi Gasparini Fernandes; CALIJURI, Maria do Carmo; LAMPARELLI, Marta Condé. A trophic state index for tropical/subtropical reservoirs (TSIts). **Ecological Engineering**, v. 60, p. 126-134, 2013.

CUNHA, J. P. A. R.; ALVES, G. S.; REIS, E. F. Efeito da temperatura nas características físico-químicas de soluções aquosas com adjuvantes de uso agrícola. **Planta Daninha**, v. 28, n. 3, p. 665-672, 2010.

DA COSTA, Ivaneide Alves Soares et al. Dinâmica de cianobactérias em reservatórios eutróficos do semi-árido do Rio Grande do Norte. 2009.

DE ALEMEIDA, Caroline Gomes; PINESE, Olívia Penatti; PINESE, José Fernando. VARIAÇÃO SAZONAL DA COMUNIDADE DE CLADOCERA NO LAGO DO PARQUE DO SABIÁ, (UBERLÂNDIA-MG). 2007.

DOS SANTOS, R. Melissa. **Algas del Paraguay: Características e Importancia, Muestreos em Paraguay, Clave de Identificación e Ilustraciones**. FACEN, 2016.

FAVERI, Caroline de et al. Avaliação do impacto da urbanização e extremos de temperatura sobre a fisiologia e morfologia de *Hypnea musciformis* (Wulfen) JV Lamouroux (Gigartinales, Rhodophyta): uma avaliação do efeito sinérgico. 2012.

GANI, ALESSANDRA; FIGUEREDO, CLEBER C.; ETEROVICK, PAULA C. Algas planctônicas do reservatório da Pampulha (MG): Euglenophyta, Chrysophyta, Pyrrophyta, Cyanobacteria. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 22, n. 2, p. 107-116, 1999.

GOMES, João et al. EFEITO DA TEMPERATURA DA ÁGUA E DA INSOLAÇÃO NA FLORAÇÃO DE CIANOBACTÉRIAS NA REPRESA DE ALAGADOS, PR. 2014.

GUIRY, M. D. **AlgaeBase**, 1996. Disponível em: <<http://www.algaebase.org/>>. Acesso em: 03 dez. 2018.

HENTSCHKE, Guilherme Scotta; TORGAN, Lezilda Carvalho. Chlorococcales lato sensu (Chlorophyceae, excl. Desmodesmus e Scenedesmus) em ambientes aquáticos na Planície Costeira do Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia. Série Botânica.**, v. 65, n. 1, p. 87-100, 2010.

KADLEC, Robert H; KNIGHT, Robert L. **Treatment Wetlands**. New York: CRC Lewis Press, 1995. 893 p.

LAMPARELLI, Marta Condé. **Graus de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento**. 2004. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MARQUES JR, A. N.; BARBOZA, C. D. N. Protocolos Analíticos de Oceanografia Química, 2007

MATSUZAKI, Mayla; MUCCI, José Luiz Negrão; ROCHA, Aristides Almeida. Comunidade fitoplantônica de um pesqueiro na cidade de São Paulo. **Revista de Saúde pública**, v. 38, p. 679-686, 2004.

MITSCH, William J. What is ecological engineering?. **Ecological Engineering**, v. 45, p. 5-12, 2012.

MOLISANI, Mauricio Mussi et al. Trophic state, phytoplankton assemblages and limnological diagnosis of the Castanhão Reservoir, CE, Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 22, n. 1, p. 1-12, 2010.

MULBRY, Walter et al. Treatment of dairy manure effluent using freshwater algae: Algal productivity and recovery of manure nutrients using pilot-scale algal turf scrubbers. **Bioresource Technology**, [s.l.], v. 99, n. 17, p.8137-8142, nov. 2008. Elsevier BV.

NOLLET, Leo M.L.; DE GELDER, Leen S.P. (Ed.). **Handbook of water analysis**. CRC press, 2014.

O’SULLIVAN, Patrick; REYNOLDS, Colin. The Lakes Handbook, Volume 1: Limnology and Limnetic Ecology. **Limnology**, v. 5, p. 125-126, 2004.

PEREIMA, Maria Fernanda Rodrigues et al. Implementação do Projeto de Recuperação de Áreas Degradadas no Campus Reitor João David Ferreira Lima. In: XI ENCONTRO NACIONAL DE ÁGUAS URBANAS, 9., 2017, Belo Horizonte.

PULIDO, Mireya del Pilar Arcos et al. Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua. **NOVA Publicación en Ciencias Biomédicas**, v. 3, n. 4, p. 69-79, 2005.

RESCK, Rafael Pereira; NETO, José Fernandes Bezerra; COELHO, Ricardo Motta Pinto. Nova batimetria e avaliação de parâmetros morfométricos da Lagoa da Pampulha (Belo Horizonte, Brasil). **Revista Geografias**, v. 3, n. 2, p. 24-37, 2007.

RIBEIRO, Maurício Andrés et al. Gestão da Água e paisagem cultural. **Revista da Universidade Federal de Minas Gerais**, v. 20, n. 2, 2013.

RODRIGUES, LUCIANO LUNA; SANT’ANNA, CÉLIA LEITE; TUCCI, ANDREA. Chlorophyceae das Represas Billings (Braço Taquacetuba) e Guarapiranga, SP, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 33, n. 2, p. 247-264, 2010.

SCHÄFER, Alois. **Fundamentos de ecologia e biogeografia das águas continentais**. Porto Alegre: UFRGS, 1985.

SERAFIM, Aline Camillo et al. Chorume, impactos ambientais e possibilidades de tratamento. **III Fórum de Estudos Contábeis. Rio Claro: Centro Superior de Educação Tecnológica**, p. 6-7, 2003.

SILVA, Ítalo Macedo et al. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DOS PESQUE-PAGUE LOCALIZADOS NA BACIA DO RIO CORUMBATAÍ, SP (BRASIL). **Holos Environment**, v. 12, n. 2, p. 179-189, 2012.

STRAŠKRABA, Milan; TUNDISI, José Galizia. **Diretrizes para o gerenciamento de lagos**. São Carlos: Rima, 2000.

TAVARES, Aldaléa Sprada. Estudo ficológico do lago da Universidade Federal de Santa Catarina - Florianópolis - Brasil. **Insula**, Florianópolis, p.37-68, 1980/1981.

THOMAZ, Sidinei Magela; BINI, Luis Mauricio. Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas em reservatórios. 1998.

TOLEDO, Alcibiades Pacheco de et al. Aplicação de modelos simplificados para avaliação do processo da eutrofização em lagos reservatórios tropicais. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 12**. Cetesb, 1983. p. 1-34.

[a] UFSC. **Campus J.D.F.L – Contenção e Deck do Lago do Centro de Convivência Boi Tatá**. UFSC. Disponível em: <<http://dfo.seoma.ufsc.br/decklagoconviv/>>. Acesso em: 28 mai. 2018.

[b] UFSC. **Laboratório de Hidrologia**. UFSC Disponível em: <<http://www.labhidro.ufsc.br>>. Acesso em: 06 nov. 2018.

VALENTE, José Pedro Serra; PADILHA, Pedro Magalhães; DA SILVA, Assunta Maria Marques. Contribuição da cidade de Botucatu-SP com nutrientes (fósforo e nitrogênio) na eutrofização da represa de Barra Bonita. **Eclética Química Journal**, v. 22, n. 1, 2018.

VALENTE, José Pedro Serra; PADILHA, Pedro Magalhães; SILVA, Assunta Maria Marques. Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés/Botucatu-SP. **Eclética Química**, p. 49-66, 1997.

WERNER, V. R. **Cyanophyceae/Cyanobacteria no sistema de lagoas e lagunas da planície costeira do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil**, 363 p. 2002. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas–Biologia Vegetal) –Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

WETZEL, Robert G. **Limnology: lake and river ecosystems**. gulf professional publishing, 2001.

YASSUDA, Eduardo Riomey. Gestão de recursos hídricos: fundamentos e aspectos institucionais. **Revista de Administração pública**, v. 27, n. 2, p. 5-18, 1993.